UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE FESTIGKEITSEIGENSCHAFTEN UND DIE SCHNITTHOLZQUALITÄT DER JAPANISCHEN LÄRCHE

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

einer Hohen Forstwissenschaftlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu

München

vorgelegt

von

Albrecht Reinhardt

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546011_0067

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE FESTIGKEITSEIGENSCHAFTEN UND DIE SCHNITTHOLZQUALITÄT DER JAPANISCHEN LÄRCHE

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

einer Hohen Forstwissenschaftlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu

München

vorgelegt

von

Albrecht Reinhardt

1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Referent: Prof. Dr. Hubert Freiherr von Pechmann
Korreferent: Prof. Dr. Hans-Dieter Löffler

Tag der mündlichen Prüfung: 5. Juli 1972

In Dankbarkeit

M E I N E N E L T E R N

gewidmet

VORBEMERKUNG

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen einer umfassenden Untersuchung des Instituts für Holzkunde und Forstnutzung der Forstlichen Forschungsanstalt München. Die Sichtung und Auswahl der Untersuchungsflächen sowie die Gewinnung des Materials und die Aufnahme der Probestreifen und Probestämme wurden gemeinsam mit Herrn B. VON DEWITZ durchgeführt. Der vorliegende Teil wurde selbständig bearbeitet.

Für die Anregung zu der Arbeit und für die wohlwollende Förderung meiner Untersuchungen danke ich an erster Stelle meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Hubert FREIHERRN VON PECHMANN, Leiter des Instituts für Holzkunde und Forstnutzung der Forstlichen Forschungsanstalt München.

Besonders danken möchte ich der Akademischen Rätin Dr. H. FREIIN VON AUFSESS für ihre große Hilfsbereitschaft und für wertvolle Ratschläge, die mir eine wesentliche Stütze bei der Auswertung der Untersuchungen waren.

Wertvolle Hinweise erhielt ich von den Herren Professoren Dr. F. FRANZ und Dr. H. LÖFFLER, denen hiermit verbindlich gedankt sei.

Den Herren Amtsvorständen und Revierbeamten, aus deren Forstämtern bzw. Revieren das Untersuchungsmaterial entnommen werden konnte, danke ich für ihr stets verständnisvolles Entgegenkommen. Das gleiche gelte für die Herren Sägewerksbesitzer, die im Interesse der Untersuchungsziele in dankenswerter Weise eigene Belange zurückstellten.

Die Auswertung des umfangreichen Datenmaterials mit Hilfe der Elektronischen Datenverarbeitung hätte mir ohne die aktive Unterstützung und Beratung durch Herrn Forstmeister E. KENNEL, Institut für Ertragskunde in München, nicht gelingen können. Herrn Forstmeister E. KENNEL danke ich deshalb ganz besonders herzlich.

Bei Fragen, welche die statistische Seite der Auswertungen betrafen, konnte ich mir stets Rat holen bei Herrn Oberforstmeister Dr. J. BACHLER und Herrn Oberforstmeister Dr. J. TIMINGER. Beiden sei gedankt.

Die große Zahl der Festigkeitsproben wurde von Herrn K. SCHREMBS herausgearbeitet. Herr M. ELSÄSSER führte die Festigkeitsprüfungen und die photographischen Arbeiten durch. Bei der Anfertigung der graphischen Darstellungen wurde ich von der technischen Assistentin des Instituts, Fräulein E. GRAESSLE, tatkräftig unterstützt. Ihnen und auch den übrigen Mitarbeitern des Instituts für Holzkunde und Forstnutzung sei bestens gedankt.

Danken darf ich auch Frau C. REINHARDT-NAVARRO und meinem Bruder, Med.-Ass. D. REINHARDT, die mir ebenfalls bei den Zeichenarbeiten behilflich waren.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat durch ihre großzügige finanzielle Unterstützung die Durchführung der Untersuchungen ermöglicht. Hierfür darf ich meinen verbindlichen Dank aussprechen.

INHALTSÜBERSICHT

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
1.1.	Herkunft der Japanischen Lärche	1
1.2.	Bisherige Untersuchungen	2
1.3.	Zweck der vorliegenden Arbeit	3
2.	UNTERSUCHUNGSMATERIAL	5
2.1.	Gesichtspunkte bei der Auswahl des Probenmaterials	5
2.2.	Beschreibung der Untersuchungsbestände	6
2.3.	Die Probestämme; Unterschiede und Gemeinsamkeiten ihrer Standorte und Bestände	21
2.4.	Aufbereitung des Untersuchungsmaterials	26
3.	FESTIGKEITSEIGENSCHAFTEN	26
3.1.	Zielsetzung der Festigkeitsuntersuchungen	26
3.2.	Methodik	27
3.3.	Feststellungen zum Gesamtergebnis	32
3.3.1.	Vorbemerkungen; Vergleichbarkeit mit Literaturangaben, Häufigkeitsverteilungen, rohdichte-bezogene Werte	32
3.3.2.	Rohdichte	36
3.3.3.	Druckfestigkeit	38

Seite

3.3.4. Biegefestigkeit und E-Modul 44
3.3.5. Schlagbiegefestigkeit 49
3.3.6. Zugfestigkeit 51

3.4. Festigkeitseigenschaften in verschiedenen Schaftteilen 54
3.4.1. Variation der Festigkeiten auf dem Stammquerschnitt 54
3.4.1.1. Festigkeiten in verschiedenen Querschnittszonen bei zentrisch erwachsenen Stämmen 54
3.4.1.2. Verteilung der Festigkeiten auf exzentrischen Stammscheiben 58
3.4.2. Druckfestigkeit in verschiedenen Schafthöhen 67

3.5. Festigkeitseigenschaften der einzelnen Stämme und der verschiedenen Bestände 73

4. SCHNITTHOLZQUALITÄT 85

4.1. Ziel der Schnittholzuntersuchungen 85

4.2. Methodik 87

4.3. Feststellungen zum Gesamtergebnis 93
4.3.1. Schnittholzqualität des Gesamtmaterials und Art und Gewicht der vorkommenden Gütemerkmale 94
4.3.2. Schnittholzqualität und Gütemerkmale in verschiedenen Stammteilen 99

4.4. Schnittholzqualität der einzelnen Stämme und der verschiedenen Bestände 103
4.4.1. Unterschiede in der Schnittholzqualität der verschiedenen Stämme 104
4.4.2. Einflüsse von Standort und waldbaulichen Maßnahmen 115

Seite

5. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN 120

LITERATURVERZEICHNIS 136

1. E I N L E I T U N G .

1.1. Herkunft der Japanischen Lärche

Die Japanlärche (Larix leptolepis = L.Kaempferi) wird in Mitteleuropa erst seit der Zeit um die Jahrhundertwende angebaut.

Das natürliche Verbreitungsgebiet liegt in den vulkanischen Gebirgen der Insel Hondo, welche mit Südspanien und Sizilien auf gleicher Breite liegt. In horizontaler Richtung ist das natürliche Vorkommen sehr eng begrenzt. Die Längengrade 137 und 140° östlicher Länge und die Breitengrade 35 und 38° nördlicher Breite beschreiben in etwa die Heimat von Larix leptolepis.

Wie auch die übrigen Arten der Gattung Larix, welche nach einer Feststellung SCHMUCKERS (1942) bezeichnend ist für kühle und kalte Gebiete, kommt die Japanlärche in südlichen Breiten nur in höheren Gebirgen vor. Das natürliche Verbreitungsgebiet beschränkt sich auf Lagen zwischen etwa 1300 und 2900 m Seehöhe. Nach der vertikalen Waldzonenverbreitung in Mitteljapan von REIN (1935) stockt die Japanlärche in der oberen Koniferenstufe (1700 - 2480 m). Nach unten wird diese Stufe begrenzt durch die Stufe der Abies firma und des oberen sommergrünen Laubwaldes (1100 - 1700 m) mit Buchen, Eichen und Eschen. Bei 2400 m beginnt bereits die Stufe der Pinus parviflora oder Krummholzstufe.

Nach SCHENK (1939) bilden die aus Verwitterung der von Vulkanen ausgeworfenen Lavablöcke, -sande und -aschen entstandenen, fruchtbaren, kalkreichen und oft tiefgründigen Böden die Standorte im Herkunftsgebiet der Japanlärche.

Bemerkenswert an den klimatischen Verhältnissen der Heimat von Larix leptolepis sind außergewöhnlich hohe Luftfeuchttigkeit während der Vegetationszeit, verhältnismäßig

kalte und trockene Winter sowie heiße und niederschlagsreiche Sommer (BADOUX, 1931). "Bemerkenswert" deshalb, weil man zur Beantwortung mancher, auch im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit interessierender Fragen an die nunmehr seit gut 70 Jahren in Europa stockenden Japanlärchen im Studium der Bedingungen ihres Heimatlandes sicher eine nützliche Stütze findet.

Im übrigen darf aber hier auf eine Arbeit von SCHOBER (1953) verwiesen werden, welcher im wesentlichen auch vorstehender, kurzer Überblick entnommen wurde.

1.2. Bisherige Untersuchungen

Obwohl man mit Recht die Japanlärche als ein schon eingebürgertes und wertvolles Glied des an Baumarten nicht reichen Fächers der europaischen Flora ansehen kann, liegen bisher verhältnismäßig wenige Untersuchungen über Larix leptolepis vor.

Eine Monographie der Japanlärche aus biologisch-ertragskundlicher Sicht hat SCHOBER (1953) in der bereits erwähnten Arbeit geliefert. Weitere Veröffentlichungen, so u.a. von ABETZ (1960), BREUNINGER (1949), DINKELAKER (1967) und PLOCHMANN (1961) im deutschen Raum sowie Arbeiten besonders aus den Niederlanden und Dänemark, aber auch aus Belgien, Großbritannien und Japan ergänzen und vertiefen das Bild in den verschiedensten Richtungen.

An Japanlärchen, welche in Mitteleuropa erwachsen waren, untersuchte TRENDELENBURG (1937) erstmals Holzeigenschaften im engeren Sinn. Dabei wurde der Schwerpunkt auf die Fragen gelegt, welche sich im Zusammenhang mit dem Raumgewicht ergeben.

Den Festigkeitseigenschaften widmete sich erstmals GABER in einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1942. Das

Untersuchungsmaterial lieferten sechs Forstbezirke Badens, in welchen nach freiem Ermessen des Forstamtes je drei bis fünf Stämme von deutscher und japanischer Lärche gefällt worden waren. Dabei schwankte das Alter der deutschen Lärchen zwischen 35 und 99 Jahren. Die japanischen Lärchen waren 35 bis 43 Jahre alt.

Ohne einem näheren Eingehen auf die von GABER erarbeiteten Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit vorzugreifen, sei bemerkt, daß GABER eine etwa 20 %-ige Überlegenheit der Europäer-Lärche gegenüber Larix leptolepis in den Festigkeitseigenschaften feststellte.

Zu einem günstigeren Bild für die Japanlärche im Vergleich mit der Europäer-Lärche gelangt VON PECHMANN in einer 1955 veröffentlichten Untersuchung. In dieser wurde besonderer Wert darauf gelegt, die Zusammenhänge zwischen Holzeigenschaften und Wachstumsablauf aufzuhellen. VON PECHMANN betont, daß es nicht die Absicht dieser Untersuchungen sein konnte, "brauchbare Durchschnittswerte für die Rohdichte und die Festigkeitseigenschaften der Japanlärche abzuleiten", und zwar wegen des "beschränkten und noch unreifen" Grundlagenmaterials. Die bearbeiteten Japanlärchen schwankten im Alter zwischen 42 und 52 Jahren.

Gerade dieser Einwand dürfte auch den Aussagewert der GABER'schen Untersuchungen beeinträchtigen.

1.3. Zweck der vorliegenden Arbeit

Die Erfahrungen, welche bei der Verwertung der Japanlärche in Süddeutschland gesammelt werden konnten, sind recht unterschiedlich. Bei manchen Forstbetrieben kann für das Holz von Larix leptolepis der gleiche Preis erzielt werden, der für die Europäische Lärche gezahlt wird. In anderen ist den Holzkäufern die Japanlärche nicht mehr wert als normales Fichtenstammholz bzw. überhaupt kaum abzusetzen.

Der Japanlärche wird dabei besonders ihre Neigung zur Schwarzastigkeit angelastet. Ein weiterer Einwand ist das allzu rasche Jugendwachstum mit der Bildung breiter Jahrringe im Inneren des Stammes. Beides zusammen läßt vielerorts das Holz der japanischen Lärche im Vergleich zur Europäer-Lärche als minderwertig erscheinen.

In der vorliegenden Arbeit sollen die mechanischen Holzeigenschaften und die Schnittholzqualität der japanischen Lärche an im süddeutschen Raum erwachsenen rund 70-jährigen Probestämmen untersucht werden. Es soll weiterhin geklärt werden, ob sich ein Einfluß des Standortes und der waldbaulichen Maßnahmen, welche im Laufe der Bestandsentwicklung vorgenommen wurden, erkennen läßt.

Die Unterschiedlichkeit der beiden Fragenkomplexe - mechanische Holzeigenschaften auf der einen und Qualität des Schnittholzes auf der anderen Seite - legt eine Gliederung in zwei Hauptteile nahe.

Die Untersuchungsziele werden im einzelnen den beiden Hauptteilen der Arbeit gesondert vorangestellt.

2. U N T E R S U C H U N G S M A T E R I A L

2.1. Gesichtspunkte bei der Auswahl des Materials

Um eine möglichst große Variation der Holzeigenschaften der Japanlärche im süddeutschen Raum zu erfassen, mußte daran gelegen sein, das Probenmaterial räumlich und auf verhältnismäßig zahlreiche Flächen zu streuen. Letzteres war auch deshalb geboten, weil den etwa 70-jährigen meist kleineren untersuchten Beständen aus waldbaulichen Rücksichten kaum mehr als die Entnahme von jeweils zwei Probestämmen zugemutet werden konnte. Unter diesen Gesichtspunkten wurden von zehn verschiedenen Flächen jeweils zwei Probestämme entnommen.

Bei der notwendigen Beschränkung auf Entnahme von nur zwei Probestämmen je Fläche mußte von vornherein damit gerechnet werden, daß mit Hilfe der Stamm-Mittelwerte, die die Festigkeitseigenschaften und die Schnittholzgüte der einzelnen Probestämme summarisch kennzeichnen, keine statistisch abgesicherten Aussagen über die Einflüsse von Standort und waldbaulichen Maßnahmen möglich sein würden. Es erschien uns jedoch nicht aussichtslos, zumindest Teilaspekte der Zusammenhänge klären zu können, die zwischen den Holzeigenschaften auf der einen und Standort und waldbaulichen Maßnahmen auf der anderen Seite vermutet werden dürfen. Dies wird am ehesten möglich sein bei einer Wertung der Untersuchungsergebnisse unter besonderer Berücksichtigung des Wuchsganges der Probestämme.

Aus diesen Gründen haben wir die Untersuchungsflächen nach standörtlichen und waldbaulichen Gesichtspunkten ausgewählt und stellen in folgenden die Bestände und den Wuchsgang der Probestämme eingehend dar.

2.2. Beschreibung der Untersuchungsbestände

Nach Bereisung zahlreicher älterer Japanlärchen-Bestände im süddeutschen Raum, welche nach Angaben von SCHOBER (1953) und auf Grund von Meldungen der Bayerischen Staatsforstverwaltung interessant erschienen, wurden zehn Flächen in die Untersuchungen einbezogen.

Einen Überblick über die Lage der zehn untersuchten Bestände gibt die Abbildung 1.

Abb. 1. Geographische Lage der zehn Untersuchungsflächen

Ordnet man die Bestände grob nach den geologischen Verhältnissen und geht dabei vom Alpenrand aus, so ergibt sich folgendes Bild:
Die beiden Flächen im Städtischen Forstamt München (Fl.-Nr. 01 und 02) liegen auf einem in der oberbayerischen Moränenlandschaft herausragenden Molasse-Berg. Die drei Bestände der Forstämter Günzburg (Fl.-Nr. 04), Bergheim (Fl.-Nr. 05) und Krumbach (Fl.-Nr. 06)

stocken auf wechselnd starken Feinlehmdecken über unterschiedlichem Untergrund in der Mittelschwäbischen Schotterriedel- und Hügellandschaft. Zwei Flächen im Forstamt Ochsenhausen (Fl.-Nr. 09 und 10) liegen im Bereich der Rißgrundmoräne in Oberschwaben sowie eine weitere (Baindt: Fl.-Nr. 01) auf einer Jungmoräne des Bodenseegletschers. Im Forstamt Bad Liebenzell im Nordschwarzwald stockt die Fläche 08 auf Buntsandstein (mittlerer Hauptbuntsandstein). Eine letzte Fläche liegt schließlich im niederbayerischen tertiären Hügelland bei Landshut (Fl.-Nr. 07).

In Tabelle 1 sind einige wichtige Angaben über die zehn Untersuchungsflächen zusammengefaßt. Die beiden Flächen auf dem Taubenberg liegen danach mit 800 bzw. 810 m am höchsten über Normalnull. Die Flächen Landshut (480 m üb. NN) und Günzburg (500 m üb. NN) weisen die geringsten Seehöhen auf.

Bei den angegebenen Klimadaten interessieren in erster Linie die Niederschlagsmengen. Ausgehend von den besonderen klimatischen Verhältnissen im ursprünglichen Verbreitungsgebiet der Japan-Lärche - niederschlagsreiche Sommer mit außergewöhnlich hoher relativer Luftfeuchtigkeit - kann es nicht überraschen, daß in der Literatur mehrfach über Dürreschäden an bei uns gepflanzten Japan-Lärchen berichtet wird. Diese Schäden sind jedoch nach SCHOBER (1953) begrenzt auf trockene Standorte, soweit der dadurch bedingte Nachteil nicht durch eine hohe relative Luftfeuchtigkeit ausgeglichen wird. Für küstenferne Gebiete kann als Faustregel gelten, daß die geringe Luftfeuchtigkeit durch hohe Niederschläge oder durch eine ausreichende Wasserhaltekraft des Bodens ausgeglichen werden muß.

Wie Tabelle 1 zeigt, stehen den Beständen Günzburg, Krumbach und Landshut verhältnismäßig geringe Niederschlagsmengen während der Vegetationsperiode zur Verfügung. Da jedoch

Tabelle 1

Angaben zu den zehn Untersuchungsflächen

Fl.-Nr.: Bezeichnung im Text	Forstamt Abteilung	Seehöhe (m)	Niederschlag[1] (mm)	Temperatur[1] (°C)	Grundgestein
01 Baindt	Baindt I 1 a	560	940 (530)	7,5 (14,8)	Jungmoräne des Bodenseegletschers
02 Taubenberg I	Stadt München I 2 n	810	1339 (654)	7,0 (14,0)	Molasse
03 Taubenberg II	Stadt München I 10 i	800	1339 (654)	7,0 (14,0)	Molasse
04 Günzburg	Günzburg V 7 a	500	700 (342)	7,8 (15,5)	Donaueiszeitliche Deckterrasse mit starker Feinlehmschicht
05 Bergheim	Bergheim	550	775 (395)	7,5 (15,5)	Donau- u. Prädonauschotter mit mäßiger Feinlehmüberlagerung
06 Krumbach	Gemeindewald Langenhaslach	510	825 (315)	7,5 (14,5)	Tertiärer, sandiger Kies mit Feinlehmüberlagerung
07 Landshut	Städt.Forstverw.Landshut, III 4 b	480	720 (350)	7,5 (14,7)	Tertiär, pliozäne Schotter mit Feinlehmüberlagerung
08 Liebenzell	Liebenzell IX 7 a	525	980 (460)	7,0 (13,5)	Mittlerer Buntsandstein
09 Ochsenhausen I	Ochsenhausen XVII 18 a	700	900 (480)	7,3 (14,7)	Riß-Grundmoräne mit Feinlehmüberlagerung
10 Ochsenhausen II	Ochsenhausen XI 5 a	630	900 (480)	7,3 (14,7)	Riß-Grundmoräne mit Feinlehmüberlagerung

[1] Die in den Spalten "Niederschlag" und Temperatur" angegebenen, eingeklammerten Zahlen sind auf die forstliche Vegetationszeit bezogene Werte.

Tabelle 1

Wuchsgebiet	Ertragsklasse (Schober)	Alter	St.-Nr.:	Kurze Bestandsbeschreibung und Pflanzverband (soweit bekannt)
Südwestliches Oberschwaben	I	70	2 10	Reinbestand. Im Alter 35 mit Buche unterbaut. Ausgewogene Kronenentwicklung.
Moränenlandschaft einschließlich Molasse	I	72	12 38	Lückiger Mischbestand aus grobastiger Lärche und wenig Fichte. Im Alter 55 mit Buche unterbaut.
Moränenlandschaft einschließlich Molasse	I	74	4 13	Im Schluß stehender Lärchen-Fichten-Mischbestand. Lärchen grobastig.
Mittelschwäbische Schotterriedel- u. Hügellandschaft	6,9m über I	72	7 14	Reinbestand hervorragender Wuchsleistung. Buchenunterstand, gleich alt. Verband: 3 x 4 m.
Mittelschwäbische Schotterriedel- u. Hügellandschaft	4 m über I	70/72	16 17	Mischbestand aus Lärche und etwas Buche. Zahlreiche Buchen im Unter- und Zwischenstand.
Mittelschwäbische Schotterriedel- u. Hügellandschaft	I,5	67	11 20	Reinbestand. Unterbauung mit Buche im Alter 30 bis 35. Kronen tief angesetzt. Lichtstellung. Verband: 1,2 x 1,2 m.
Niederbayerisches Hügelland	I,5	73	1 19	Reinbestand. Im Alter 20 mit Buche unterbaut. Hoch angesetzte Kronen.
Schwarzwald	2 m über I	75	3 8	Lärchen-Horst mit - meist unter- bzw. zwischenständiger - Tanne
Altmoränenlandschaft von Wurzach und Zell	I,5	70	5 9	Lärchen-Horst. Guter Schluß. Vereinzelt unter- und zwischenständig Fichte.
Altmoränenlandschaft von Wurzach und Zell	I,5	60	6 15	Lärchen-Gruppe in Fichten-Reinbestand. Unter- und vereinzelt zwischenständig Fichte.

alle drei Flächen eine Feinlehmüberlagerung aufweisen, ist nicht anzunehmen, daß bei diesen die Wasserversorgung während der Vegetationszeit zum Engpaß wird.

Im folgenden werden die Standorte und Bestände - soweit es in Tabellenform nicht oder nur knapp möglich ist - im einzelnen beschrieben. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf den Boden, die Bestandsbegründung und -erziehung sowie auf das heutige Erscheinungsbild der Bestände zu richten sein. Zur Veranschaulichung sind einige Photos wiedergegeben und für alle zehn Flächen Bestandsaufrisse und Kronenprojektionen abgebildet.

Bei den Kronenprojektionen wurden folgende Signaturen verwandt:

Lärchen-Krone

Fichten-Krone

Tannen-Krone

Buchen-Krone

x Fußpunkt eines lebenden Stammes

o Stockabschnitt

Der Bestand BAINDT (Fl.-Nr. 01) im südwestlichen Oberschwaben stockt am Fuß eines Westhanges auf einem typischen Edellaubholzstandort. Der kiesig-sandige Boden ist außerordentlich frisch, tiefgründig (durchschnittliche Verwitterungstiefe ca. 1 m) und tief durchwurzelt.

Die Lärchen wurden als Reinkultur begründet und im Alter 35 mit Buche unterbaut. Vereinzelt finden sich angeflogene Eschen. Abbildung 2 und 3 vermitteln einen Eindruck von dem Bestand. Die Kronen der Lärchen sind normal entwickelt und der Bestand ist nicht lückig. Schaftformen und Astreinigung sind gut. Die Stämme sind auffallend vollholzig. Aus all dem läßt sich schließen, daß der Bestand mäßig aber öfter durchforstet wurde.

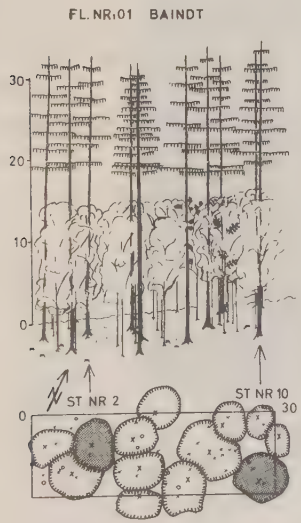

Abb.2. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Baindt

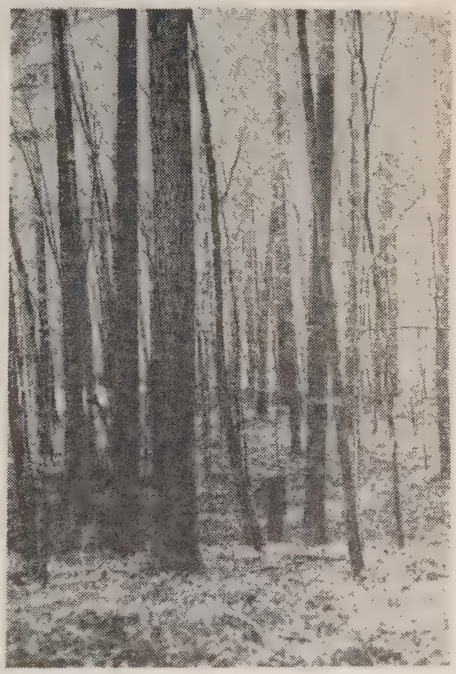

Abb.3. Bestand Baindt; Stämme gut gereinigt, gerade und vollholzig

Abb.5. Grobastige Japanlärche
der Fläche Taubenberg I

Die Lärchen der Fläche TAUBENBERG I (Fl.-Nr. 02) wachsen auf dem Kamm eines Molasseberges in Oberbayern (Grundmoräne). Natürliche Waldgesellschaft ist "Montaner Fi-Ta-Bu-Wald". Der Boden ist als sandig-frischer Lehm zu beschreiben. Er ist mineralkräftig und gründig.
Der Bestand wurde durch Einzelmischung von Lärche und Fichte begründet. Da die Fichten im Höhenwuchs z.T. erheblich hinter den Japanlärchen zurückblieben, muß man von einem Lärchen-Bestand mit Fichten-Beimischung sprechen. Die auffallend schlechten Schaftformen (Säbelwuchs, an Stammknicken erkennbare Wipfelbrüche) sowie der lückige Bestandsaufbau (s.Abb.4.) machen deutlich, daß während der Entwicklung des Bestandes viele seiner Glieder durch äußere Schadeinwirkungen ausfielen. Die Wipfelbrüche sind vermutlich auf Schneebruch und Duftanhang zurückzuführen.
Die weit ausladenden Kronen und die Abholzigkeit der Stämme zeigen, daß die Japan-Lärchen stark vorwüchsig ohne wesentlichen Seitendruck erwachsen konnten. Dies bewirkte, daß die Lärchen zum einen sehr grobastig wurden und zum anderen keine natürliche Astreinigung einsetzte (Abb.5.).
Der im Alter 55 gepflanzte Bu-Unterbau hat noch keinen nennenswerten Einfluß auf den Hauptbestand.

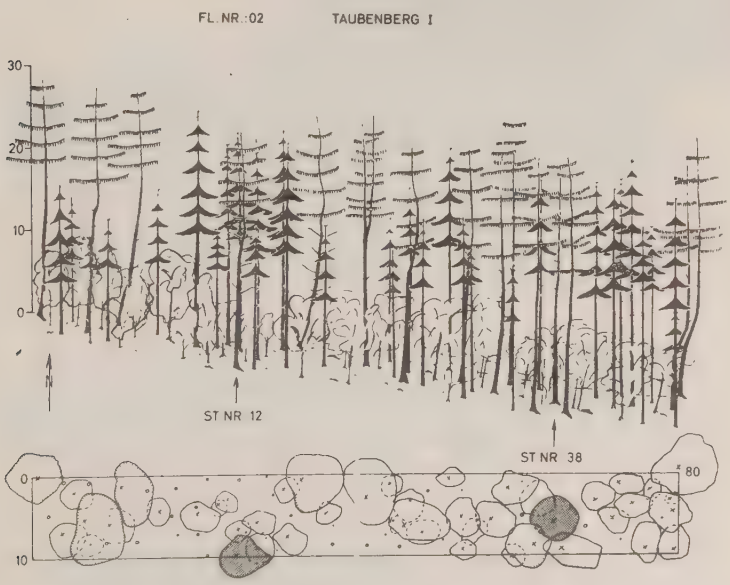

Abb.4. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Taubenberg I

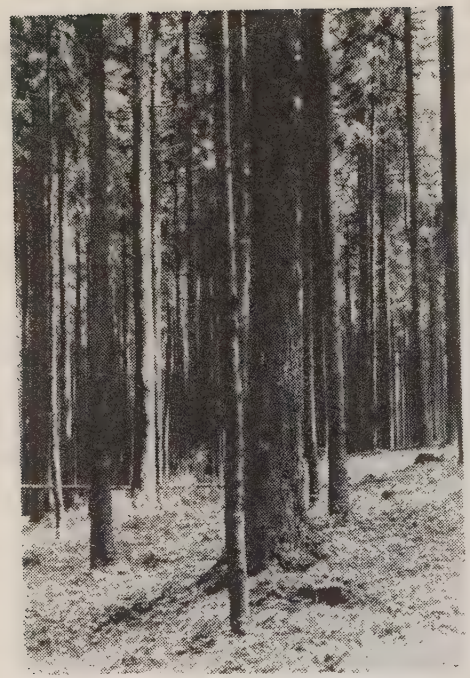

Abb.7. Gleichalte Japanlärchen und Fichten des Bestandes Taubenberg II

In Bezug auf die natürliche Waldgesellschaft, die Geologie und den Boden gilt für die Fläche TAUBENBERG II (Fl.-Nr. 03) das gleiche, was für Taubenberg I gesagt wurde. Die beiden Bestände trennt nur eine Rufweite. Der Bestand Taubenberg II liegt jedoch etwas tiefer im oberen Teil eines nach N schwach abfallenden Hanges. Dadurch ist er den vorherrschenden Südwestwinden nicht so stark ausgesetzt.

Die Lärchen wurden in Einzelmischung mit Fichte begründet. Der Bestand wurde mäßig durchforstet, wobei auf eine stetige Umlichtung der Lä-Kronen hingearbeitet wurde, und steht in gutem Schluß. Die Kronenkarte, welche mächtige Lärchenkronen zeigt, der Bestandsaufriß und Abbildung 7 machen jedoch deutlich, daß auch hier Larix leptolepis in ihrem Wachstum durch die gleichzeitig gepflanzte Fichte nicht gebremst wurde. Die Schaftformen - in dem Bestandsaufriß sind einige Wipfelbrüche erkennbar - und die Astreinigung sind entsprechend unbefriedigend.

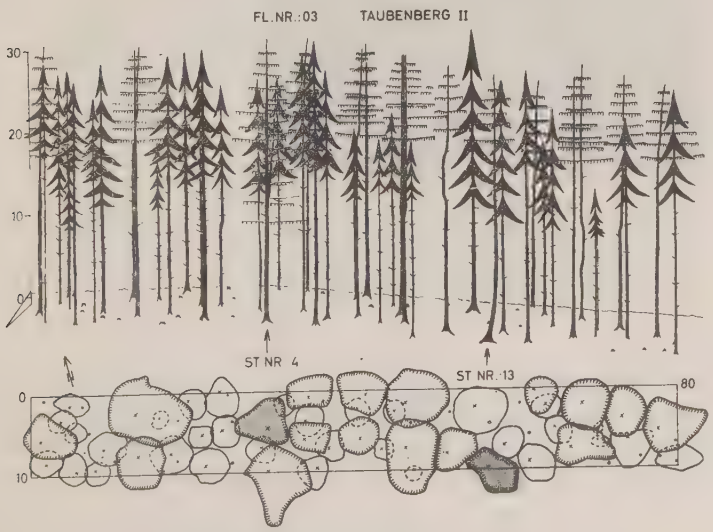

Abb.6. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Taubenberg II

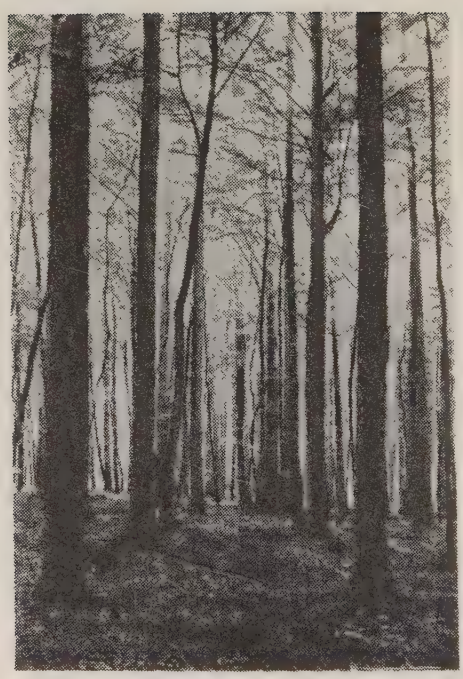

Abb.9. In lückige Buchen-Naturverjüngung eingebrachte Japan-Lärchen auf dem Spitzenstandort Günzburg

Die Fläche GÜNZBURG (Fl.-Nr. 04) liegt in Mittelschwaben und ist eben. Natürliche Waldgesellschaft ist "Seegras-, Ei-, Hbu-Wald". Über einer Donaueiszeitlichen Deckterrasse liegt eine starke Lößlehmschicht (1 - 1,5 m). Der Untergrund ist durchlässig, der Boden tiefgründig, mineralkräftig und als Braunerde ausgebildet. Er ist noch ausreichend durchlüftet und zeigt keine Degradationserscheinungen.
Die Lärchen wurden in eine Buchen-Naturverjüngung eingebracht. Da diese durch Mäusefraß stark lückig geworden war, überstellte man sie mit Japanlärche in einem Verband von 3 x 4 m.
Der Bestand hat eine hervorragende Wuchsleistung (Abb. 8, 9). Die Japanlärchen haben auf dem wüchsigen Standort die Buchen in der Höhenentwicklung schnell hinter sich gelassen. Die Buchen wirkten deshalb schon seit langem wie ein Unterbau bzw. Nebenbestand. Die Lärchen wurden mäßig durchforstet. Die Schaftformen sind sehr gut und die Stämme trotz starker Brusthöhendurchmesser vollholzig und gut gereinigt.

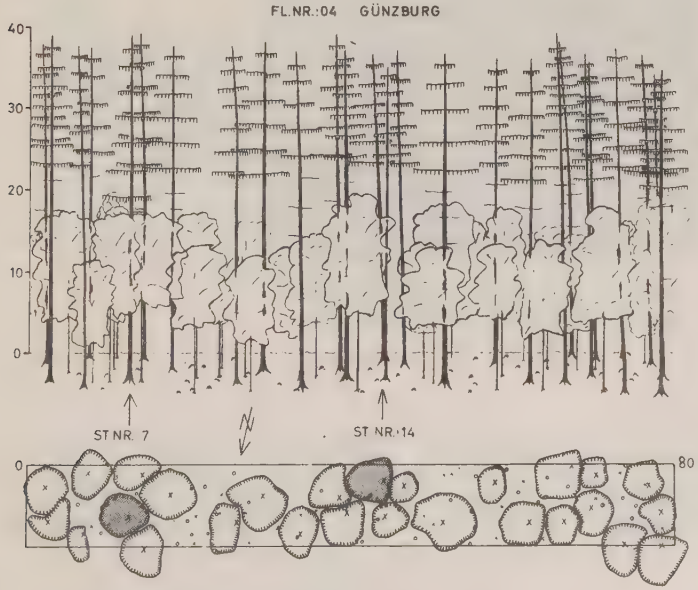

Abb.8. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Günzburg

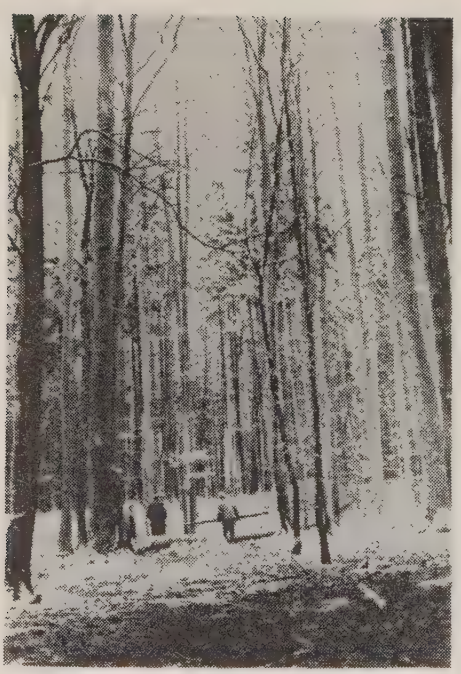

Abb.11. Japanlärchen zwischen Buchenstockausschlag begründet (Fl.-Nr. 05 Bergheim)

Die Fläche BERGHEIM (Fl.-Nr. 05) liegt an einem flach abfallenden Westhang. Natürliche Waldgesellschaft ist "kolliner Bu-Ei-Wald". Das Grundgestein bilden durchlässige Donau- und Prädonauschotter, die von einer mäßig starken Feinlehmschicht überlagert sind. Es hat sich ein frischer, kieshaltiger Lehmboden herausgebildet, der mineralkräftig, gut durchlüftet, noch wasserhaltend und durchgehend braun ist.

Die Lärche wurde zwischen Buchengruppen eingebracht, welche durch Stockausschlag entstanden waren. Abbildung 10 veranschaulicht die überdurchschnittliche Wuchsleistung der Japanlärchen. Während der Bestandsentwicklung wurde stets auf intensive Kronenpflege bei den Lärchen geachtet. Die Buchen sind heute in der Hauptsache unter-, einige zwischenständig. Vereinzelte Buchen gehören zur herrschenden Oberschicht. Die Lärchenstämme sind zweischnürig und gut gereinigt.

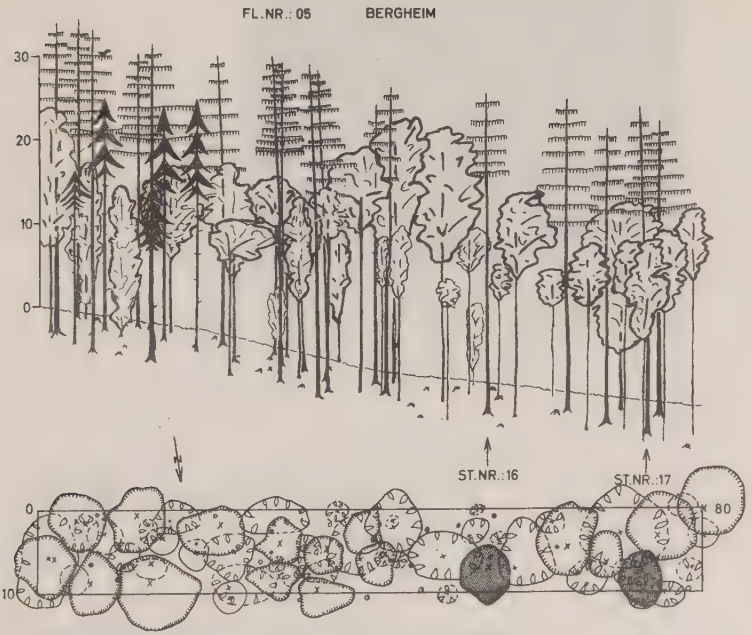

Abb.10. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Bergheim

Abb.13. Von unterbauten Buchen ummantelte Japanlärchen-Schäfte des Bestandes Krumbach

Der Bestand KRUMBACH (Fl.-Nr. 06) in Mittelschwaben (natürliche Waldgesellschaft: Trockener Ei-Hbu-Wald) stockt an einem Westhang auf Feinlehm über tertiärem, sandigem Kies. Der Boden - frischer, sandig-kiesiger Lehm - ist als Braunerde ausgebildet.

Die Lärchen wurden als Reinbestand besonders eng im 1,2 x 1,2 m - Verband gepflanzt. Im Alter 30 bis 35 erfolgte Unterbauung mit Buche. Nach der Unterbauung wurden öfter wiederkehrende Durchforstungseingriffe vorgenommen. Dadurch bewirkte man ab Alter 35 eine Lichtstellung des Bestandes und behielt diese bis heute bei. Abbildung 12 veranschaulicht die Folgen: Tief angesetzte und gut entwickelte Kronen. Die Astreinigung ist - wahrscheinlich auf Grund des engen Pflanzverbandes und der Ummantelung der Lärchenstämme durch den Bu-Unterbau - gut (Abb.13).

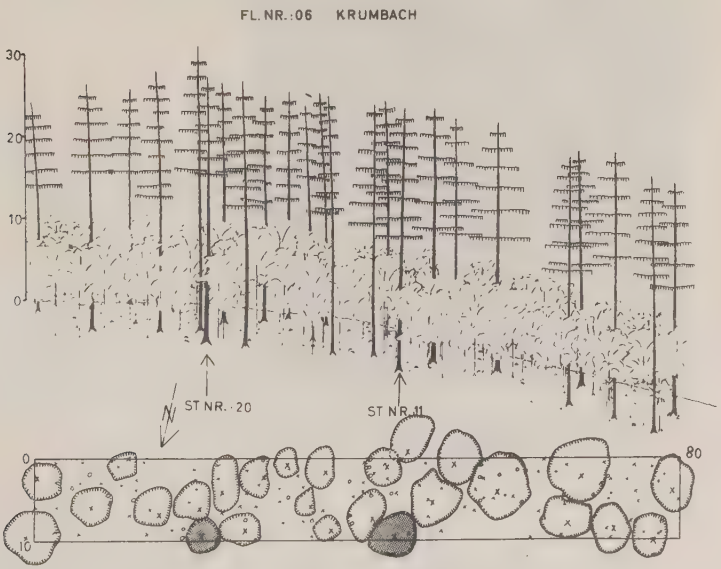

Abb.12. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Krumbach

Abb.15. Japanlärchen mit extrem hoch angesetzten Kronen im Bestand Landshut

Die Untersuchungsfläche LANDSHUT (Fl.-Nr. 07) liegt auf einem Nordhang im Wuchsgebiet Niederbayerisches Hügelland. Die natürliche Waldgesellschaft konnte für diesen Bestand nicht eindeutig bestimmt werden. Der Boden entstand aus einer Feinlehmschicht über pliozänem Schotter. Er ist schwach kiesig-lehmig, z.T. lettig, tiefgründig und frisch.

Die Lärchen wurden als Reinbestand begründet und im Alter 30 mit Buchenheistern (!) unterbaut. Die Fläche wurde bis zum Alter 65 nur schwach durchforstet. Dadurch wurden die Kronen z.T. stark eingeengt und ihr Ansatz schob sich schnell und weit nach oben, wozu sicher auch der nachdrängende Buchen-Unterbau beitrug. Die geringen Kronenprozente sind in Abb. 14 und 15 augenscheinlich. Auf Grund des langanhaltenden Dichtschlusses sind die Stämme ausnehmend vollholzig erwachsen. Die Schäfte sind zweischnürig und gut gereinigt. Die Unterbrechungen im Kronendach erklären sich durch den starken Durchforstungseingriff, der im Alter 65 vorgenommen wurde.

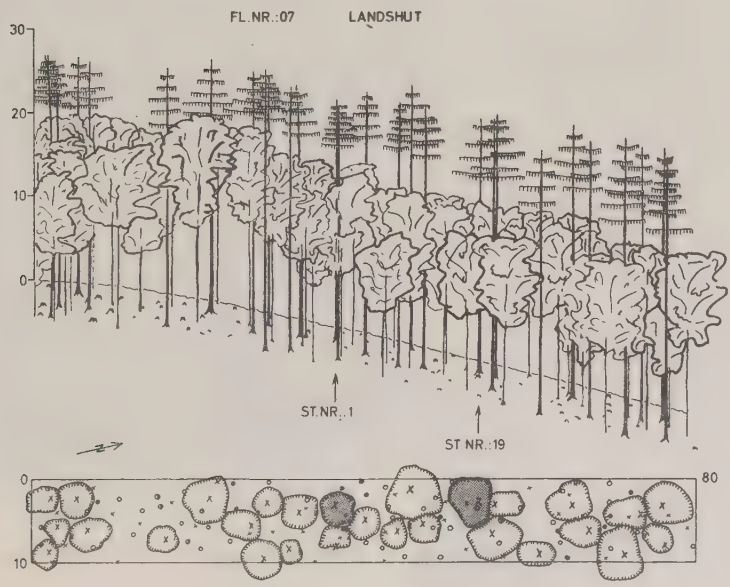

Abb.14. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Landshut

Die Fläche LIEBENZELL (Fl.-Nr. 08) liegt an einem Westhang im Nord-Schwarzwald. Bu-Ta-Ei-Wald ist die natürliche Waldgesellschaft. Aus mittlerem Buntsandstein hat sich ein lehmiger, steinreicher, z.T. leicht podsolierter Sandboden ausgebildet, der im Forsteinrichtungswerk als "mäßig nährstoffreich" charakterisiert ist.
Der Lärchen-Horst wurde in einer - vermutlich lückigen - Tannen-Naturverjüngung begründet. Die Lärchen weisen eine unvermutet gute Höhenbonität auf. Die Tannen sind heute fast ausnahmslos zwischen- bzw. unterständig. Die Lärchenkronen sind intensiv gepflegt, ohne daß dadurch das Kronendach aufgerissen wurde (Abb. 16). Die Stämme sind vollholzig, gerade und gut von Ästen gereinigt (Abb. 17).

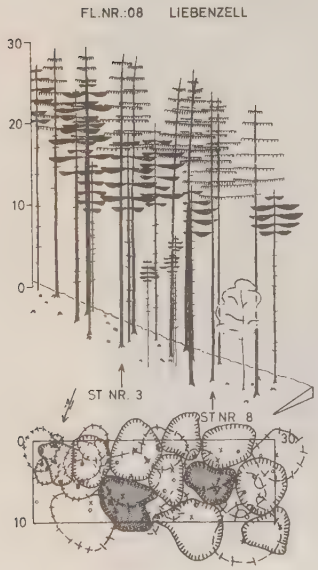

Abb.16. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Liebenzell

Abb. 17. Japanlärchen in Mischung mit Tanne (Liebenzell)

Die Fläche OCHSENHAUSEN I (Fl.-Nr. 09) (natürliche Waldgesellschaft: Montaner Bu-Ta-Wald) ist eben und liegt in Oberschwaben im Bereich der Rißgrundmoräne, die hier von einer starken Lößlehmschicht überlagert wird. Aus dieser entstand ein verdichteter, pseudovergleyter Feinlehmboden. An einzelnen, vom Wind geworfenen Lärchen wird deutlich, daß der Boden nur sehr flach durchwurzelt ist. Die Vegetation läßt sich als Oxalis-Myrtillus-Typ kennzeichnen.

Der Lärchen-Horst wurde auf einer stark lückigen Partie einer Fichten-Kultur gepflanzt. Fichten sind nur noch vereinzelt zwischen- und unterständig vorhanden. Es wurden nur mäßige Durchforstungseingriffe vorgenommen. Die Lärchenkronen sind hoch angesetzt und nicht weit ausladend (Abb. 18). Die Schäfte sind vollholzig, vorwiegend gerade und gut gereinigt.

Als Besonderheit im Hinblick auf die Schnittholzqualität ist bei dieser Fläche anzumerken, daß die Lärchen bis auf eine Höhe von 8 m geastet wurden. Außerdem wurde diese Fläche 1959/61 mit 30 dz $CaCO_3$ und 5 dz P_2O_5 je ha gedüngt.

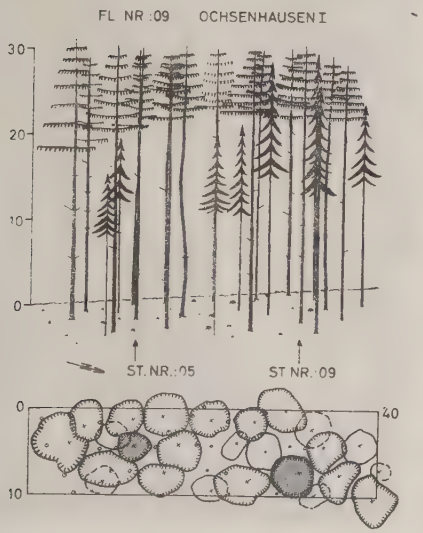

Abb. 18. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Ochsenhausen I

Abb. 19. Japanlärche mit Fichte auf der pseudovergleyten Fläche Ochsenhausen I

Fläche OCHSENHAUSEN II ist eben und liegt nur einige km von dem Bestand Ochsenhausen I entfernt. Natürliche Waldgesellschaft und Grundgestein sind gleich. Der Boden ist jedoch ein verdichteter Feinlehm, der bereits Degradationserscheinungen zeigt, aber noch nicht pseudovergleyt ist. Wegen geringer Durchlässigkeit des Untergrundes ist der Standort wechselnaß.
Die Vegetation wird als Sphagnum-Typ beschrieben.
Die Lärchen wurden in Gruppen zugleich mit Fichte begründet. Aufgrund intensiver Pflege sind die Kronen der Lärchen gut entwickelt und ihre Schäfte abholzig (Abb. 20, 21). Die gleichalten Fichten innerhalb der Lärchengruppe sind ausnahmslos zwischen- oder unterständig. Die Fläche wurde 1959/61 mit 18 dz $CaCO_3$ und 3 dz P_2O_5 je ha gedüngt.

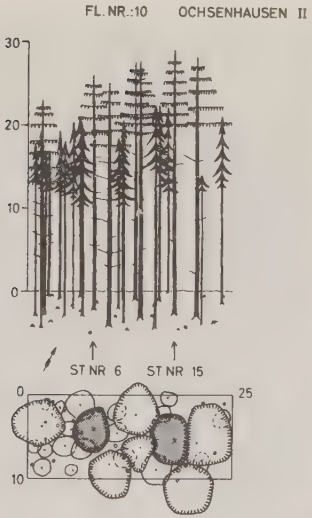

Abb.20. Bestandsaufriß und Kronenprojektion des Bestandes Ochsenhausen II

Abb.21. Japanlärchen-Gruppe in einem Fichten-Bestand (Ochsenhausen II)

2.3. Die Probestämme; Unterschiede und Gemeinsamkeiten ihrer Standorte und Bestände

In Tabelle 2 sind einige Angaben zu den 20 Probestämmen enthalten. Die Stammwuchsbilder in den Abbildungen 22 bis 25 geben den Jahrringbau wieder.

Auffallend starke Brusthöhendurchmesser (über 40 cm im Alter 70) zeichnen die Stämme der beiden Taubenberger Bestände (Fl.-Nr. 02 und 03) sowie der Flächen Günzburg (Fl.-Nr. 04) und Bergheim (Fl.-Nr. 05) aus.

Tabelle 2

Kennziffern der 20 Probestämme

Herkunft; Fl.-Nr.:	St.-Nr.	BHD (cm)	Höhe (m)	h/d[1]	Kronen-%	Inhalt o.R.(fm)
Baindt	2	29	32,9	113	35	1,02
01	10	34	32,2	95	36	1,23
Taubenberg I	12	46	29,4	68	32	1,83
02	38	52	33,6	69	39	2,37
Taubenberg II	4	42	31,4	79	40	1,56
03	13	44	32,9	70	33	1,82
Günzburg	7	48	36,8	84	41	2,31
04	14	42	37,1	90	40	2,90
Bergheim	16	41	33,2	81	32	1,84
05	17	45	33,5	80	37	1,79
Krumbach	11	39	29,7	78	42	1,33
06	20	35	30,7	90	52	1,27
Landshut	1	27	29,7	110	32	0,73
07	19	33	32,7	105	33	1,24
Liebenzell	3	34	31,2	95	40	1,12
08	8	34	33,1	100	33	1,10
Ochsenhausen I	5	30	29,5	102	40	0,89
09	9	32	28,9	95	39	0,91
Ochsenhausen II	6	34	27,1	82	37	0,85
10	15	37	30,0	79	36	1,39

1) h/d ist gleich Höhe/Brusthöhendurchmesser = Schlankheitsgrad

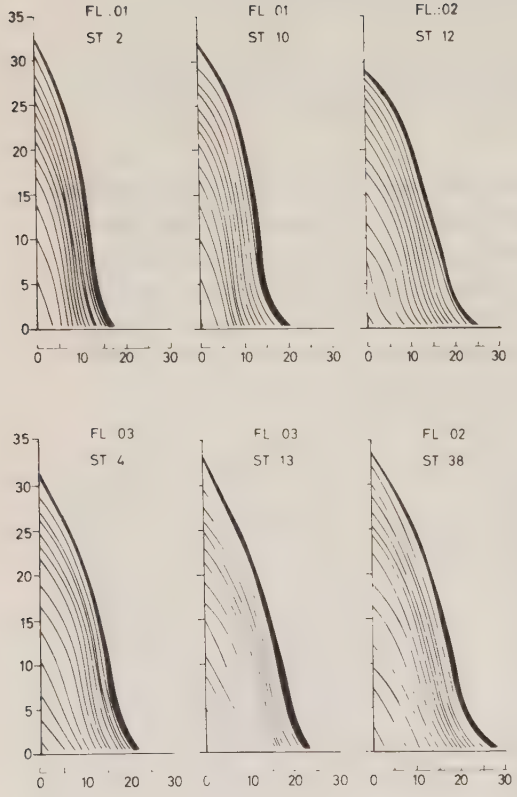

Abb.22. Stammwuchsbilder der Probestämme aus den Beständen Baindt (Fl.-Nr. 01) und Taubenberg I und II (Fl.-Nr. 02 und 03)

Die breiten inneren Jahrringe - wie sie in den Stammanalysen deutlich werden - weisen auf ein unbehindert rasches Jugendwachstum hin. Lediglich die Bergheimer Lärchen sind in ihrem Jahrringbau etwas ausgewogener.

Bei einem auch nur flüchtigen Vergleich der zehn beschriebenen Bestände fallen die beiden Taubenberger als ausnehmend schlecht auf. Die Schaftformen, insbesondere bei Taubenberg I, sind völlig unbefriedigend. Die Stammanalysen der Probestämme (Abb. 22) und die geringeren Schlankheitsgrade (Tabelle 2) lassen die Folgen der weitständigen Erziehung auf dem sehr wüchsigen Standort (Molasse) erkennen: Ungestümes Dickenwachstum, verbunden mit einem plumpen Bau der Schäfte. [1)]

Der Bestand Günzburg (Fl.-Nr. 04), der auf einem sehr tiefgründigen Feinlehmboden stockt, bietet wegen seiner enormen Wuchsleistung das eindrucksvollste Bild. Die Stammanalysen und die Angaben der Tabelle 2 zeigen zudem, daß die Probestämme auf diesem hochleistungsfähigen Standort trotz ungewöhnlich raschen Wachstums verhältnismäßig schlank gebaut sind. Sicherlich

---

[1)] d.h. das Verhältnis h/d ist klein (ASSMANN 1961)

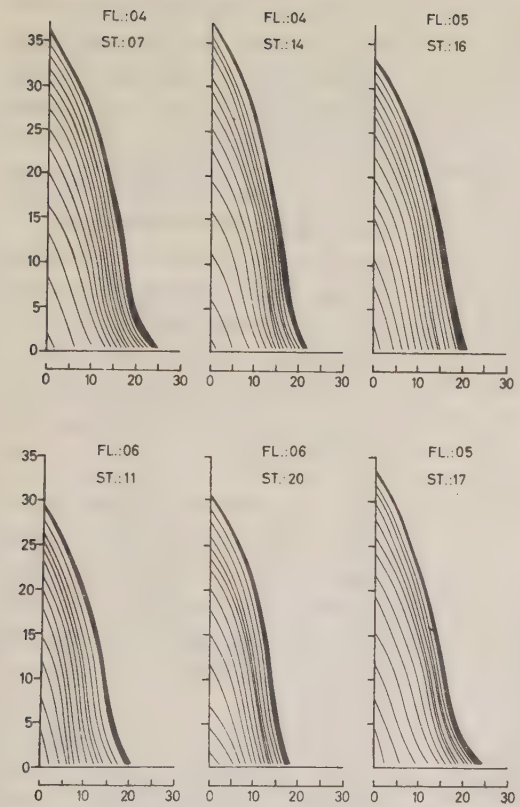

Abb. 23. Stammanalysen der Probestämme aus den Flächen Günzburg (Fl.-Nr. 04), Bergheim (Fl.-Nr. 05) und Krumbach (Fl.-Nr. 06)

haben die mäßigen Durchforstungseingriffe und der Buchen-Nebenbestand dazu beigetragen, daß die Wuchsenergie in starkem Ausmaß für die Höhenentwicklung genutzt wurde.

Der Bestand Bergheim (Fl.-Nr. 05), der auf einer mäßigen Feinlehmüberlagerung in der M_1ttelschwäbischen Schotterriedel- und Hügellandschaft stockt, weist ebenfalls eine überdurchschnittliche Wuchsleistung auf. Die Probestämme sind jedoch deutlich abholziger.

Auffallend schwächer in ihrer Zuwachsleistung - und daher auch sichtlich engringiger gebaut - sind die Probestämme der übrigen Flächen.

Interessant erscheint eine vergleichende Betrachtung der beiden mit Buche unterbauten Bestände Krumbach (Fl.-Nr.06) und Landshut (Fl.-Nr. 07). Sie stocken auf ähnlich leistungsfähigen Standorten (aus Feinlehmüberlagerungen auf durchlässigem Untergrund entstanden etwa gleiche Böden),sind jedoch waldbaulich verschieden behandelt worden. Die Lärchen der Krumbacher Fläche wurden ungewöhnlich eng begründet (1,2 m - Quadratverband), und der Bestand wurde erst ab Alter 35 durch häufig wiederkehrende Durchforstungseingriffe in eine lang-

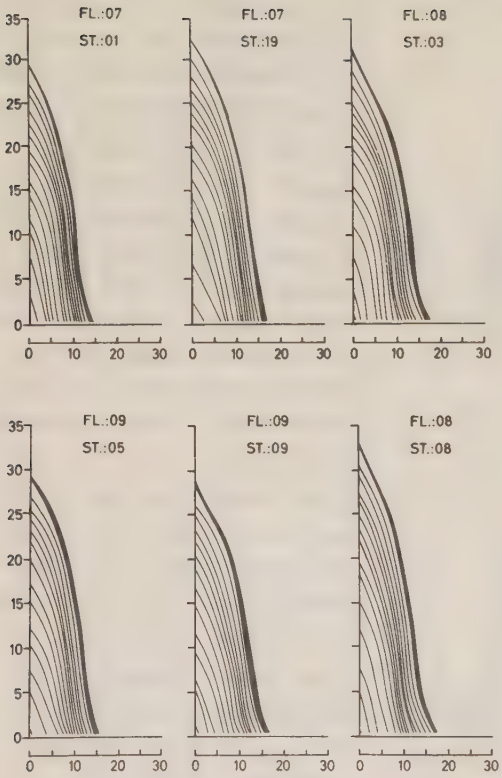

Abb. 24. Stammanalysen der Probestämme aus den Flächen Landshut (Fl.-Nr. 07), Liebenzell (Fl.-Nr. 08)und Ochsenhausen I (Fl.-Nr. 09)

fristige Lichtstellung überführt. Den Landshuter Bestand hielt man dagegen bis zu einem starken Durchforstungseingriff im Alter 65 in extremen Dichtschluß.

Bei den Stammanalysen fällt der ungleiche Jahrringbau der beiden Landshuter Probestämme auf. Stamm 19 hat in der Jugend deutlich stärkere Jahrringe angelegt und eine Höhe erreicht, welche die Bestandesmittelhöhe um ca. 3 m übertrifft.

Aus den Stammanalysen ist weiterhin ersichtlich, daß der Jahrringbau der Krumbacher Stämme ausgewogener ist. Bis auf eine engringige, aber nur schmale Zuwachszone bei St.-Nr. 20 werden die Jahrringe, die im Stangen- und Baumholzalter angelegt wurden, nicht merklich schmaler. Bei beiden Landshuter Stämmen ist bei der Jahrringbreite hingegen nach kräftigem Jugendwachstum eine erhebliche Abnahme zu erkennen. Zudem haben die Landshuter Probestämme auf Grund des lang anhaltenden Dichtschlusses nur geringe Kronenprozente, aber sehr hohe Schlankheitsgrade. Die Krumbacher Lärchen sind dagegen auffallend tief bekront und ihre Schäfte verhältnismäßig plump gebaut.

Die waldbauliche Behandlung des ebenfalls mit Buche unterbauten

Bestandes Baindt (Fl.-Nr. 01) stellt einen Mittelweg zwischen den Erziehungsarten dar, die bei den Beständen Krumbach und Landshut wirksam wurden. In Baindt wurde frühzeitig auf eine ausgewogene Kronenentwicklung geachtet, aber der Bestand blieb trotzdem gut geschlossen. Die Schäfte sind sehr schlank gebaut und die nach dem raschen Jugendwachstum angelegten Zuwachsmäntel noch befriedigend stark.

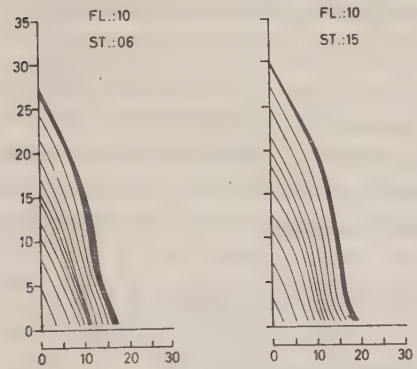

Abb. 25. Stammanalysen der beiden Probestämme der Fläche Ochsenhausen II (Fl.-Nr. 10)

Die Stammwuchsbilder der Lärchen aus der Fläche Ochsenhausen II (Fl.-Nr. 10) (Lärchengruppe in gleichaltem Fichtenbestand) lassen ein von Seitendruck wenig beeinflußtes Wachstum der beiden Probestämme vermuten. Das Stärkenwachstum wurde kaum gebremst, und die Schäfte sind verhältnismäßig abholzig.

Einen vergleichsweise ausgewogenen Jahrringbau weisen die Probestämme der Flächen Liebenzell (Fl.-Nr. 08)und Ochsenhausen I (Fl.-Nr. 09) auf. Beide Lärchenhorste - in Liebenzell auf Buntsandstein mit etwas Tanne, in Ochsenhausen I auf Pseudogley mit einigen Fichten - stehen in gutem Schluß. Die Probestämme beider Flächen haben daher hohe Schlankheitsgrade. Die äußeren Zuwachsmäntel sind noch befriedigend stark.

2.4. Aufbereitung des Untersuchungsmaterials

Je Fläche wurden zwei Probestämme gefällt und je nach der Länge des Stammes ca. 10 Stammscheiben von 10 cm Stärke entnommen. Um den verfälschenden Einfluß der Wurzelanläufe nach Möglichkeit auszuschalten, wurde die erste Stammscheibe in einer Höhe von 40 cm über dem Boden herausgesägt. Sodann wurden alle 4 m und im Kronenbereich in kürzeren Abständen Scheiben entnommen mit der Ausnahme, daß ein 1,1 m langes Stammstück in einer Höhe von 4,6 bis 5,7 m die Regelmäßigkeit der Abstände zwischen den einzelnen Stammscheiben unterbrach.

Die Stammscheiben bis zu einer Höhe von rund 18 m dienten Druckfestigkeitsuntersuchungen. Aus dem 1,1 m langen Stammstück wurden Probekörper zur Prüfung der Biege-, Zug- und Schlagbiegefestigkeit herausgearbeitet. Die vier untersten, 4 m langen Abschnitte wurden in Sägewerken nach einheitlichen Gesichtspunkten im Scharfschnitt eingeschnitten und brettweise aufgenommen.

Eine Darstellung der Einzelheiten der Methodik wird jeweils den folgenden Abschnitten über die Festigkeitseigenschaften und die Schnittholzqualität vorangestellt.

3. FESTIGKEITSEIGENSCHAFTEN

Da das Holz der Japanlärche in der Hauptsache als hochbeanspruchtes Bauholz und Bauschreinerholz Verwendung findet, kommt bei der Beurteilung des Holzes von Larix leptolepis den Festigkeitseigenschaften eine besondere Bedeutung zu.

3.1. Zielsetzung der Festigkeitsuntersuchungen

Es ist ein Hauptziel der Untersuchungen, die mechanischen Holzeigenschaften der japanischen Lärche an in Süddeutschland

stockenden Probestämme darzustellen. Zunächst mußte daran gelegen sein, repräsentative Werte für die Festigkeitseigenschaften des gesamten, räumlich weit gestreuten Probenmaterials zu ermitteln und diese mit entsprechenden Angaben in der Literatur zu vergleichen. Sodann sollte die Abhängigkeit der Holzfestigkeiten von verschiedenen Einflußgrößen, die Thema zahlreicher Arbeiten ist, geprüft werden. Hier wurden zur Kennzeichnung dieser Zusammenhänge bei der Japanlärche die Beziehungen zwischen den Festigkeitseigenschaften auf der einen und der Rohdichte bzw. Jahrringbreite auf der anderen Seite untersucht. Ebenso war die Frage von Interesse, ob zwischen der statischen Gütezahl und der Rohdichte ein Abhängigskeitsverhältnis besteht.

Zur Darstellung der genannten Beziehungen finden sich in älteren Arbeiten häufig Ausgleichslinien, welche nicht durch mathematische Angaben gekennzeichnet sind. Bei der Anwendung der Regressionsanalyse mit herkömmlichen Rechenmethoden mußte man sich in der Regel wegen des großen Rechenaufwandes auf eine Prüfung der Zusammenhänge mit Hilfe einer linearen Ausgleichsfunktion beschränken.

Da bei der elektronischen Datenverarbeitung die statistische Auswertung auch umfangreichen Datenmaterials unvergleichlich weniger Arbeitsaufwand erfordert, schien es lohnend, bei der Regressionsanalyse mit mehreren Ausgleichsfunktionen zu arbeiten und über die Ergebnisse etwas ausführlicher zu berichten.

Weiterhin sollte untersucht werden, wie sich die Festigkeiten in verschiedenen Stammteilen darstellen und ob sich ein Einfluß des Standortes und der waldbaulichen Maßnahmen auf die Festigkeitseigenschaften erkennen läßt.

3.2. Methodik

In die Druckfestigkeitsuntersuchungen wurden bei allen 20 Stämmen Stammscheiben aus 4,5 und 9,9 m Höhe einbezogen. Dadurch sind die Schaftteile, die über den Wert eines Baumes entscheiden, gut repräsentiert. Mittelwertberechnungen für die Druckfestigkeit basieren immer auf den an diesen Scheiben ermittelten Ergebnissen.

Auf die Entnahme aus gleicher relativer Baumhöhe mußte verzichtet werden, da für den Einschnitt im Sägewerk 4 m lange Rundholzabschnitte erforderlich waren. An vier Stämmen wurden sechs Scheiben bis zu einer Höhe von rund 18 m, die sich in etwa mit dem Kronenansatz deckt, auf ihre Druckfestigkeit untersucht.

Die Verteilung der einzelnen Druckproben über die Stammquerschnitte erfolgte unschematisch, aber gleichmäßig dicht. Dadurch sollte erreicht werden, daß alle Querschnittszonen im Probenmaterial entsprechend ihren Volumenanteilen im Stammabschnitt vertreten sind.

Die Probestäbe, welche der Ermittlung der Biege-, Schlagbiege- und Zugfestigkeit dienten, wurden alle aus einer Stammhöhe von 4,6 bis 5,7 m entnommen. Eine gleichmäßig dichte Verteilung dieser Stäbe über die Stammquerschnitte war nicht möglich. Der Grund liegt darin, daß - hauptsächlich wegen Ästen - häufig nicht aus allen Querschnittszonen fehlerfreie Probestäbe gewonnen werden konnten. Es wurde aber versucht, je Stamm wenigstens acht Zugstäbe herauszuarbeiten. Bei der Anzahl der Biege- und Bruchschlagarbeits-Stäbe wurde ein Verhältnis von 1 : 1 angestrebt.

Die Ausformung der Proben sowie ihre weitere Behandlung und Prüfung entsprach den deutschen Normvorschriften DIN 52 180, -82, -83, -85, -86, -88 und -89. Lediglich die Zugstäbe wurden nicht genau nach DIN-Norm angefertigt. Zur Vermeidung von Quetschungen durch die Spannbacken wurden die Einspannköpfe durch Anleimen von Prismen aus Lärchenholz verstärkt. Außerdem wurde die Verjüngung vom Einspannkopf zum Prüfquerschnitt stärker abgeflacht. Eine Übersicht über die Abmessungen der verschiedenen Proben liefert Tabelle 3.

Tabelle 3

Abmessungen der Proben, Formeln zur Umrechnung der Festigkeiten auf 12 % Holzfeuchtigkeit

Festigkeitsart	Probenabmessungen l	tg	rad	Umrechnungsformel
Druck-festigkeit	3,o	2,o	2,o	$\sigma_{dD12} = \sigma_{dDu} \times \frac{20}{32-u}$
Biege-festigkeit	36,o	2,o	2,o	$\sigma_{dB12} = \sigma_{dBu} \times \frac{36}{42-u}$
E-Modul	wie Biegung			$E_{12} = E_u \times \frac{36}{48-u}$
Zug-festigkeit	Prüf-quer-schnitt	o,7	2,o	keine Umrechnung
Schlag-biegefestigk.	30,o	2,o	2,o	keine Umrechnung

Die Proben wurden bei 20°C und 65% relativer Luftfeuchtigkeit in einer Klimakammer bis zum Feuchte-Gleichgewichtszustand gelagert. Die Abmessungen der Proben wurden auf 10^{-2} cm bestimmt. Zugleich wurden auf dem Probenquerschnitt die Jahrringe ausgezählt.

Bei sämtlichen Proben wurde die Feuchtigkeit zum Zeitpunkt der Prüfung ermittelt. Aus den Zugproben wurden dafür unmittelbar nach der Prüfung eigens Prismen herausgearbeitet. Die Gewichtsbestimmungen erfolgten bei letzteren und den Druckproben auf 10^{-3} g, bei den Biege- und Bruchschlagsarbeitsproben auf 10^{-2} g Genauigkeit.

Die statischen Festigkeiten wurden an einer Universalprüfmaschine mit 10 t Höchstlast in den entsprechenden Lastbereichen bestimmt. Zur Untersuchung der dynamischen Festigkeit diente ein Pendelschlagwerk mit 10 kpm Arbeitsinhalt. Der E-Modul wurde berechnet aus der Differenz der beim Biegeversuch

bestimmten Durchbiegungen bei 10 kp und 50 kp. Benutzt wurde die Formel (204)nach KOLLMANN (1951).

Im Anschluß an die Prüfung wurden alle Proben bei stufenweiser Erhöhung der Temperatur gedarrt und mit den vorstehend angebenen Genauigkeiten erneut gewogen. Der später errechnete Feuchtigkeitsgehalt zum Zeitpunkt der Festigkeitsprüfung ergab gegenüber dem angestrebten von 12% höchstene eine Abweichung von 1,5%. Deshalb konnten ohne Bedenken nach den in Tabelle 3 angegebenen Formeln die Druckfestigkeit, Biegefestigkeit und der E-Modul auf 12 % umgerechnet und auf eine Umrechnung der Bruchschlagarbeitswerte verzichtet werden.

Sämtliche Primärinformationen wurden auf Klarschriftbelegen erfaßt. Ihre Aufbereitung und Verdichtung erfolgt mit Hilfe einer EDV-Rechenanlage IBM 360-50. Die Auswertung betraf im wesentlichen regressionsanalytische Berechnungen. Bei der Untersuchung vermuteter Zusammenhänge benutzten wir die folgenden vereinfachten Ausgleichsfunktionen:

Typ der Funktion	allgemeine Gleichung der Funktion (vereinfachte Form)
Lin	$y = a + b_1 x$
Q	$y = a + b_1 x + b_2 x^2$
K	$y = a + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3$
Log	$\ln y = \ln a + b_1 \ln x$
LogQ	$\ln y = \ln a + b_1 \ln x + b_2 (\ln x)^2$

Bei den Regressionsanalysen wurde an Hand des berechneten F-Wertes die Frage beantwortet, ob zwischen den entsprechenden Größen überhaupt ein Abhängigkeitsverhältnis bestehe. Die Signifikanz der Regressionskoeffizienten testeten wir mit Hilfe der t-Werte für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 bzw. 1 %.

Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten, welches LINDER (1951) als Bestimmtheitsmaß bezeichnet, gibt an, welcher Anteil der Streuung des einen Merkmals durch die Veränderung des anderen bedingt wird. Hier wurde davon ausgegangen, daß nur dann die Darstellung einer Beziehung mit Hilfe einer berechneten Regressionslinie sinnvoll erscheint, wenn B größer als 50 % ist.

Schließlich wurde zur Beurteilung der errechneten Ausgleichsfunktion nach Einzeichnen der Beobachtungswerte und der Regressionskurve in ein Koordinatensystem noch eine optische Prüfung vorgenommen.

Zur Kennzeichnung der Ergebnisse der durchgeführten Regressionsanalysen werden in Tabellen folgende Werte angegeben:

- Anzahl der Beobachtungen
- F-Werte für die Prüfung, ob zwischen den zueinander in Beziehung gesetzten Größen ein Abhängigkeitsverhältnis besteht
- t-Werte zur Signifikanzprüfung der Regressionskoeffizienten
- R = Korrelationskoeffizienten
- B (%) = Bestimmtheitsmaß in Prozent
- a, b_1, b_2, b_3 = Regressionskoeffizienten der günstigsten Ausgleichsfunktion

Diejenigen Ausgleichsfunktionen, die keine signifikanten F- oder t-Werte lieferten, werden in den Zusammenstellungen nicht aufgeführt.

3.3. Feststellungen zum Gesamtergebnis

Sinnvoll erscheint es, zunächst die Ergebnisse mitzuteilen, welche sich für das gesamte Probenmaterial ableiten lassen.

3.3.1. Vorbemerkungen: Vergleichbarkeit mit Literaturangaben, Häufigkeitsverteilungen, rohdichte-bezogene Werte

Von den Festigkeitseigenschaften interessieren zuerst die Mittelwerte, die sich für das umfangreiche und weit gestreute Probenmaterial aus den Einzelwerten ergeben. Diese Mittelwerte sollen mit den GABER'schen und VON PECHMANN'schen Untersuchungsergebnissen verglichen werden, um die Aussagekraft der an jüngeren Japanlärchen gewonnenen Festigkeitswerte zu überprüfen. Gleichzeitig werden die hier gefundenen Werte solchen gegenübergestellt, die in der Literatur als repräsentativ für Larix decidua und andere wichtige Nadelholzarten angegeben sind.

In Tabelle 4 finden sich die Mittelwerte für die Festigkeitseigenschaften und daneben entsprechende Angaben anderer Autoren für japanische und europäische Lärche. Zur Vergleichbarkeit der verschiedenen Autoren sind einige Anmerkungen erforderlich.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die von GABER und von VON PECHMANN untersuchten Japanlärchen wesentlich jünger waren. GABER bearbeitete Stämme, deren Alter zwischen 35 und 43 Jahren schwankte. Das Alter der Japanlärchen, die der Veröffentlichung VON PECHMANN's zugrunde liegen, betrug 42 - 52 Jahre. Dadurch ist der Anteil der weitringigen marknahen Stammteile bei den Lärchen der genannten Autoren wesentlich größer als bei dem Material, welches hier geprüft wurde.

Auch die Standorte, auf denen das Probenmaterial erwuchs, sind verschieden. Bei der Auswahl der hier bearbeiteten Probestämme wurde versucht, eine sehr breite Skala unterschiedlicher

Standorte zu erfassen. GABER macht nur sehr knappe Angaben über die Standortsverhältnisse. Man darf aber annehmen, daß seine aus Baden stammenden Lärchen auf sehr guten Standorten - und daher weitringig - erwuchsen. VON PECHMANN untersuchte dagegen ebenfalls Japanlärchen sowohl von Spitzen- als auch von geringeren Standorten.

Zu den Prüfverfahren ist anzumerken, daß GABER bei seinen Untersuchungen Druck-, Zug- und Biegeproben etwas größerer Abmessungen benutzte, als sie heute meist üblich sind. Die Vergleichbarkeit der Festigkeitswerte wird durch die Abmessungen selbst aber nicht beeinträchtigt. Einen nicht genau wägbaren Hinweis gibt GABER allerdings, wenn er schreibt, daß die Holzproben "alle aus möglichst fehlerfreiem Holz" (GABER, 1942) waren. Da es bei den von GABER geprüften Biegeproben, welche eine Kantenlänge von 4,5 cm und eine Stützweite von 80 cm hatten, am schwierigsten gewesen sein dürfte, fehlerfreie Proben auszuformen, sind die Ergebnisse seiner Biegeversuche nicht ohne Vorbehalt mit den Angaben der anderen Autoren in Tabelle 4 vergleichbar.

Zur Kennzeichnung der Festigkeitseigenschaften einer Holzart reicht die Angabe der aus zahlreichen Versuchen erhaltenen Mittelwerte nicht aus. Da man in der Bauindustrie bei der Berechnung der Spannungen, welche Holzbauteilen zugemutet werden dürfen, immer von der Untergrenze der Festigkeitsvariation ausgeht, ist es notwendig, auch die Häufigkeit der Festigkeitswerte und die Größe der Streuungen zu kennen.

In der sich anschließenden Besprechung der einzelnen Festigkeitseigenschaften sind Häufigkeitsverteilungen dargestellt. Zum Vergleich wurden die von GABER (1942) ermittelten Häufigkeitskurven mit eingezeichnet.

Dabei wurden im Anhalt an GABER folgende Klassenbreiten gewählt:

Raumgewicht:	0,05 g/cm^3
Druckfestigkeit:	100 kp/cm^2
Biegefestigkeit:	100 kp/cm^2
E-Modul:	10 000 kp/cm^2
Schlagbiege-festigkeit:	0,1 kpm/cm^2
Zugfestigkeit:	100 kp/cm^2

Die einzelnen Häufigkeitslinien einer Abbildung sind untereinander vergleichbar. Eine verhältnismäßig flache und breite Kurve zeigt eine größere, eine schmale und hohe Kurve dagegen eine geringere Variation der betreffenden Holzeigenschaft an.

Diese Regel trifft jedoch nicht zu für den Vergleich von Häufigkeitslinien verschiedener Holzeigenschaften. Als Maßstab benötigt man in diesem Fall einen relativen Wert. In den Abbildungen wurden deshalb für das hier untersuchte Probematerial Variationskoeffizienten angegeben. Diese drücken die Streuung in Prozenten des Mittelwertes aus und sind als Relativwert für einen Vergleich der Streuungen verschiedener Holzeigenschaften geeignet.

Bei der Beurteilung einer Holzart, und insbesondere bei einer vergleichenden Betrachtung, ist neben den Mittelwerten, Streuungen und Häufigkeitsverteilungen auch das Verhältnis, in welchem die Festigkeitseigenschaften zur Rohdichte stehen, von größtem Interesse. Aus diesem Grunde ist auch die Rohdichte abgehandelt. Außerdem werden, wie oben bereits erwähnt, die Beziehungen zwischen sämtlichen Festigkeitseigenschaften und der Rohdichte untersucht.

Zur Kennzeichnung des Verhältnisses Festigkeit-Rohdichte definierte man die statische Gütezahl (MONNIN, M. 1919), die dynamische Kennzahl (MONNIN, M. 1932) sowie die Reißlänge (REULEAUX, 1861), die als relative(rohdichtebezogene) Festigkeitswerte aufzufassen und ebenfalls in Tabelle 4 enthalten sind.

Tabelle 4

Mittelwerte der Rohdichte und Festigkeiten verschiedener Autoren für europäische und japanische Lärche bei u = 12 %

Eigenschaften	Maßeinheit	Gaber 1942 Eur.Lä	Gaber 1942 Jap.Lä	Kollmann 1951 Eur.Lä	v.Pechmann 1955 Jap.Lä	Reinhardt 1972 Jap.Lä
Rohdichte	g/cm^3	0,546	0,482	0.585	0,521	0,521
Druckfestigkeit	kp/cm^2	490	427	550	523	535
Statische Gütezahl	km	(9,0)[1]	(8,9)	(8,9)	10,0	10,2
Biegefestigkeit	kp/cm^2	823	686	990	1110	1274 [1244] [2]
E-Modul	kp/cm^2	112 200	82 200	138 000	127 000	126 047 [122 840]
Bruchschlagarbeit	kpm/cm^2	0,503	0,497	0,60	0,548	0,508
Dyn.Kennzahl	km	(1,69)	(2,14)	(1,58)	1,80	1,76
Zugfestigkeit	kp/cm^2	968	744	1070	1165	1144
Reißlänge	km	(17,7)	(16,1)	(17,3)	20,6	23,3

[1] Die Zahlen in runden Klammern wurden aus den entsprechenden Mittelwerten selbst berechnet.

[2] In den eckigen Klammern sind verbesserte Mittelwerte angegeben. Erklärungen dazu im Text.

Dazu muß angemerkt werden, daß GABER und KOLLMANN keine relativen Festigkeiten mitteilen. Um einen Anhaltspunkt zu bekommen, bestimmten wir diese aus den Mittelwerten der entsprechenden Festigkeitsart und der mittleren Rohdichte, welche die genannten Autoren angeben. Dabei ist jedoch zu beachten, daß diese Art der Berechnung theoretisch nicht exakt ist. Zudem ist folgendes zu bedenken: Bei GABER und KOLLMANN findet sich nur jeweils ein Mittelwert für die Rohdichte. Angaben zu seiner Ermittlung werden nicht gemacht. Da - wie w.o. erwähnt - die Probestäbe in der Regel nicht so gleichmäßig wie die Druckproben über den Stammquerschnitt verteilt werden können, ist es aber wahrscheinlich, daß den Druck-, Biege-, Schlagbiege- und Zugstäben im Mittel verschieden große r_{12}-Werte zukommen. Auch deshalb kann die Ableitung der relativen Festigkeiten aus den Werten von GABER und KOLLMANN nicht korrekt sein. Ein Vergleich zwischen den in runden Klammern angegebenen Werten der Tabelle 4 und den entsprechenden von VON PECHMANN bzw. von uns ermittelten rohdichtebezogenen Festigkeiten ist also nur mit Vorbehalten möglich.

3.3.2. Rohdichte

Als Mittel der Rohdichte wurde bei den zwanzig Probestämmen aus sämtlichen Druckproben aus 4,5 und 9,9 m Höhe ein Wert von o,521 g/cm^3 bestimmt. Die hier untersuchten Japanlärchen erweisen sich damit als im Durchschnitt wesentlich schwerer als normales Fichten-Holz und übertreffen in ihrer Rohdichte auch deutlich das Holz von Pinus silvestris.

Die mittlere Rohdichte, die VON PECHMANN (1955) für die Japanlärche angibt, stimmt mit dem eigenen Ergebnis überein. GABER fand an Europäer-Lärche einen größeren und an Larix leptolepis einen kleineren Wert. KOLLMANN gibt für Larix decidua mit 0.585 g/cm^3 eine mittlere Rohdichte an, die den hier für die japanische Lärche ermittelten Durchschnittswert von o,521 g/cm^3 wesentlich übersteigt.

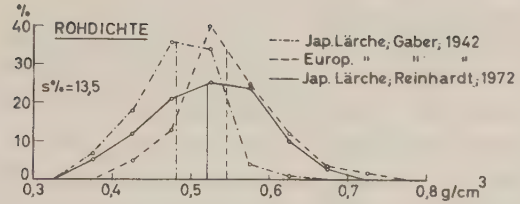

Abb.26. Häufigkeitsverteilungen der Rohdichte. (Die Legende gilt auch für die Abb. 27, 29 und 31 - 33)

In Abbildung 26 ist die Häufigkeitsverteilung der Rohdichte dargestellt. Die Rohdichte der hier untersuchten Japanlärchen hat eine Variationsbreite von 0,3 g/cm^3. Die Streuung beträgt 0,070 g/cm^3, der Variationskoeffizient 13,5 % und der häufigste Wert 0,525 g/cm^3.

Die miteingezeichneten Häufigkeitslinien von GABER weisen in etwa die gleiche Variationsbreite auf. Bemerkenswert ist aber, daß GABER bei der europäischen Lärche keine Proben mit einer kleineren Rohdichte als 0,4 g/cm^3 fand, während diese an dem Untersuchungsmaterial der japanischen Lärchen, dessen Häufigkeitsverteilungen der Rohdichte in den beiden übrigen Linien dargestellt sind, immerhin einen Anteil von 5 bzw. 7 % haben.

Die GABER'schen Kurven sind vergleichsweise höher und schmaler. Das besagt, daß die Rohdichte der von ihm untersuchten Lärchen weniger streute als bei den hier bearbeiteten zwanzig Probestämmen.

3.3.3. Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit des der Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungsmaterials beträgt im Durchschnitt 535 kp/cm^2. Die Japanlärchen sind damit wesentlich druckfester als Fichten- oder Tannenholz und erreichen beinahe den Wert von 550 kp/cm^2, der in der Literatur (KOLLMANN, 1951) für Kiefernholz angegeben wird. Ihre durchschnittliche Druckfestigkeit liegt nicht wesentlich unter dem Wert, den KOLLMANN für die europäische Lärche angibt, übersteigt aber die Druckfestigkeit der von GABER untersuchten Japanlärche um mehr als 100 kp/cm^2 und ist auch deutlich höher als die von GABER an Europäer Lärche ermittelte.

Für die Streuung der Druckfestigkeit der zwanzig Probestämme ergaben sich 105 kp/cm^2, für den Variationskoeffizient 19,6 %. Die Variationsbreite beträgt rund 500 kp/cm^2, der häufigste Wert 550 kp/cm^2.

In Abbildung 27 ist ersichtlich, daß die Variationsbreite der Druckfestigkeit der von GABER untersuchten Lärchen kleiner ist. Die darin dargestellten Druckfestigkeiten streuten weniger als bei dem eigenen Probenmaterial.

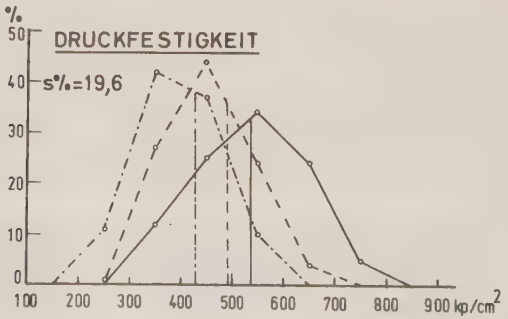

Abb. 27. Häufigkeitsverteilungen der Druckfestigkeit

Außerdem ist bemerkenswert, daß bei den 70-jährigen Japanlärchen 5 % der Proben eine ungewöhnlich hohe Druckfestigkeit von mehr als 700 kp/cm^2 aufweisen, während GABER an europäischer und japanischer Lärche keine größeren Werte als 700 bzw. 600 kp/cm^2 fand.

Im folgenden werden einige im Zusammenhang mit der Druckfestigkeit interessierende Beziehungen mit Hilfe der Regressionsanalyse untersucht.

Über die Beziehung zwischen der Druckfestigkeit und der Rohdichte gibt Tabelle 5 Aufschluß. Aus ihr ist ersichtlich, daß von den fünf geprüften Ausgleichsfunktionen nur die quadratische den hier gestellten statistischen Anforderungen nicht genügt. Der t-Wert eines Regressionskoeffizienten ist bei dieser kleiner als 1,96.

Tabelle 5

Regressionsanalyse der

Beziehung Druckfestigkeit - Rohdichte

Anzahl der Beobachtungen: 1986

Koeffizienten der linearen Funktion: a = -184; b_1 = 1379

F 5%=3,84; F 1%=6,64; t 5%=1,96; t 1%=2,58

Typ der Funktion	F-Wert	t-Wert		R	B (%)
Lin	12 291	b_1	111	o,928	86,1
K	3 705	b_1 b_2 b_3	- 3,6 4,9 - 5,o	o,928	84,8
Log	12 644	b_1	112	o,930	86,5
LogQ	6 342	b_1 b_2	11 - 2,5	o,930	86,5

Die großen F-Werte zeigen an, daß die Druckfestigkeit in hohem Maße nicht zufällig streut. Es besteht also ein Zusammenhang zwischen den beiden untersuchten Größen. Die t-Werte weisen die Regressionskoeffizienten mit einer Ausnahme als statistisch gut gesichert aus.

Durch die lineare, logarithmische und logarithmisch-quadratische Regressionslinie sind über 86 %, durch die kubische knapp 85 % der Beobachtungswerte erklärt. Eine Zusammenschau der F- und t-Werte und der Bestimmtheitsmaße läßt den logarithmischen im Vergleich zum linearen Ausgleich etwas günstiger erscheinen.

Die verschiedenen Ausgleichskurven sind jedoch so ähnlich, daß eine graphische Verdeutlichung ihrer Unterschiede auf dem hier gebotenen Raum nicht möglich ist. Die Gegenüberstellung der Ordinaten-Werte der vier statistisch gesicherten Regressionslinien bei verschiedenen Rohdichtestufen soll eine graphische Darstellung ersetzen.

r_{12} (g/cm^3)	Druckfestigkeit (kp/cm^2)			
	Lin	K	Log	LogQ
o,4	368	371	370	369
o,5	506	505	503	505
o,6	644	645	646	644
o,7	782	752	797	785

Es ist ersichtlich, daß die mit Hilfe des linearen, den kubischen, des logarithmischen und des logarithmisch-quadratischen Funktionstypus errechneten Regressionslinien nur unwesentlich voneinander abweichen. Lediglich für r_{12} = o,7 g/cm^3 ergibt sich gegenüber der linearen Ausgleichslinie bei dem kubischen Ausgleich ein deutlich kleinerer und bei dem logarithmischen ein größerer Ordinaten-Wert. Diese Unterschiede fallen jedoch bei der Beurteilung der verschiedenen Ausgleichslinien kaum ins Gewicht, da - wie die Häufigkeitsverteilung der Rohdichte in Abbildung 26 deutlich machte - von den untersuchten Druckproben nur wenige eine Rohdichte von mehr als o,65 g/cm^3 aufweisen.

Da bei den durchgeführten Regressionsrechnungen in fast allen Fällen zwischen der Rohdichte und der Druckfestigkeit eine statistisch gesicherte lineare Beziehung mit hohen B-Werten festgestellt werden konnte, dies aber mit Hilfe der logarithmischen Funktionstypen nicht immer möglich war, wird zur besseren Vergleichbarkeit in der Arbeit die Beziehung Druckfestigkeit-Rohdichte einheitlich durch lineare Ausgleichslinien abgebildet.

In Abbildung 28 sind die Zusammenhänge zwischen der Rohdichte und der Druckfestigkeit dargestellt. Zum Vergleich wurden die von VON PECHMANN 1955 bestimmten Ausgleichslinien mit eingezeichnet.

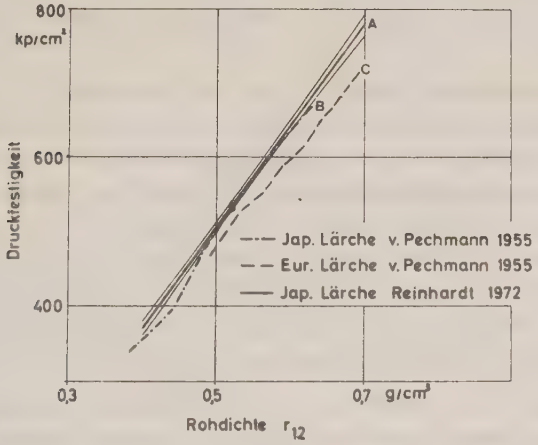

Abb. 28. Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit und Rohdichte.
(Die dünn ausgezogenen Linien bezeichnen die Vertrauensgrenzen der Regressionslinie a für eine Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 5\ \%$)

Die Regressionslinie, die aus den in dieser Arbeit untersuchten Proben errechnet wurde, liegt im Niveau erstaunlich hoch. Das kann nicht überraschen, wenn man die Statische

Gütezahl in Tabelle 4 betrachtet, die mit 10,2 km sehr gut ist.

VON PECHMANN fand für Japanlärche einen ähnlich hohen Wert, was durch die betreffende Ausgleichslinie in Abbildung 28 demonstriert wird. Diese stimmt sowohl in der Steigung als auch im Niveau mit der hier berechneten Regressionskurve gut überein.

Zur Gegenüberstellung der in Abbildung 28 eingezeichneten Ausgleichslinien wurden zunächst für die Linie A die Vertrauensgrenzen nach dem bei LINDER (1951) beschriebenen Verfahren für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % errechnet. Der t-Wert für diese Berechnung beträgt 1,96. Wie nicht anders zu erwarten, sind angesichts des hohen Bestimmtheitsmaßes von 86,1 % und der umfangreichen Datengrundlage (N=1986 Wertepaare) ausgesprochen schmale Vertrauensgrenzen gefunden worden.

Bei einem Vergleich der Linien A - C, von denen nur A regressionsanalytisch ausgeglichen ist, wurde davon ausgegangen, daß für die Beziehungen B und C ähnlich schmale Vertrauensbereiche angenommen werden können. Es wurde also vorausgesetzt, daß die drei Regressionen statistisch in etwa übereinstimmen. Diese Annahme erscheint aufgrund der Tatsache berechtigt, daß VON PECHMANN zur Herleitung seiner Beziehungen ähnlich umfangreiche Stichproben herangezogen und graphisch ähnlich straffe Beziehungen gefunden hat.

Unter der Annahme statistisch übereinstimmender Vertrauensgrenzen ist folgendes festzustellen: Die Vertrauensbereiche der Ausgleichslinien A und B, die in Abbildung 28 die Beziehung zwischen der Druckfestigkeit und der Rohdichte bei der Japanlärche darstellen, überlappen sich. Zwischen den Beziehungen B und C bestehen dagegen echte, d.h. signifikante Unterschiede im Kurvenniveau, da sich deren Vertrauensbereiche - berechnet für die Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 5\ \%$ - im wesentlichen nicht überschneiden.

Unter der Voraussetzung, daß für die Ausgleichslinien B und C ein ähnlich schmaler Vertrauensbereich angenommen werden kann wie der für die Regression A berechnete, kann man darauf schließen, daß die japanische der europäischen Lärche in der Statischen Gütezahl überlegen ist. Die Japanlärche hat danach im Vergleich zu Larix decidua bei gleicher Rohdichte das etwas druckfestere Holz.

In der Literatur wird oft darauf hingewiesen, daß die Statische Gütezahl als Quotient aus der Druckfestigkeit und der Rohdichte von letzterer nicht völlig unabhängig sei, da sie selbst mit steigender Rohdichte wachse. Tabelle 6 gibt das Ergebnis der hier durchgeführten Regressionsanalyse für die Beziehung zwischen der Statischen Gütezahl und der Rohdichte wieder. Diese ist zwar statistisch gesichert, aber nicht besonders eng. Aus dem Regressionskoeffizienten b_1 läßt sich ablesen, daß die Beziehung eine steigende Tendenz aufweist.

Tabelle 6
Regressionsanalyse der Beziehung
Statische Gütezahl - Rohdichte

Anzahl der Beobachtungen: 1986
Koeffizienten der linearen Funktion: a = 6,44; b_1 = 7,20
F 5%=3,84; F 1%=6,64; t 5%=1,96; t 1%=2,58

Typ der Funktion	F-Wert		t-Wert	R	B (%)
Lin	902		30	0,559	31,3
Q	471	b_1 b_2	7,8 -5,3	0,568	34,3
Log	919	b_1	30	0,563	31,7

3.3.4. Biegefestigkeit und E-Modul

Die Probestäbe zur Ermittlung der Biege-, Schlagbiege- und Zugfestigkeit konnten, wie oben bereits erwähnt, im Gegensatz zu den Druckproben nicht gleichmäßig dicht über den Stammquerschnitt verteilt werden. Die aus den Probestäben bestimmten Mittelwerte sind deshalb nicht unbedingt repräsentativ.

Es lag der Versuch nahe, mit Hilfe der durchgeführten Regressionsanalyse diesen Nachteil auszugleichen. Nahe deshalb, weil mit den Druckproben, welche aus 4,5 m Höhe unmittelbar unterhalb des Probekörpers entnommen wurden, eine brauchbare mittlere Rohdichte für den Probekörper zur Verfügung stand, aus dem die Probestäbe entnommen wurden.

Wie weiter unten gezeigt wird, wurden beim Gesamtmaterial für die Beziehungen Biegefestigkeit-Rohdichte und E-Modul-Rohdichte statistisch gesicherte Regressionen festgestellt. Durch Einsetzen der aus den Druckproben errechneten mittleren Rohdichte in die entsprechende Regressionsgleichungen konnten die aus den Biegeproben ermittelten Durchschnittswerte verbessert werden. Sie sind in Tabelle 4 in eckigen Klammern angegeben. Sie liegen rund 3 % niedriger als die aus den gemessenen Werten errechneten arithmetischen Mittel. Das kann nicht überraschen, da wegen der Astigkeit im weitringigen Stamminnern die Entnahme fehlerfreier Probestäbe zumeist nicht möglich ist.

Die Biegefestigkeit der hier geprüften Japanlärchen ist mit 1244 kp/cm^2 im Durchschnitt sehr gut. Sie übertrifft die Biegefestigkeit, die für Fichte und Tanne angegeben wird (KOLLMANN, 1951), um gut 70 %, die Biegefestigkeit von Kiefer um etwa ein Viertel.

Im Vergleich zu den Angaben der in Tabelle 4 angeführten Autoren ist der Wert für die Biegefestigkeit bei den rund 70-jährigen Japanlärchen am besten. Während das von GABER untersuchte Probenmaterial nur eine durchschnittliche Biege-

festigkeit von 686 kp/cm^2 für die Japanlärche ergab, ist der hier gefundene Wert mit 1244 kp/cm^2 beinahe doppelt so hoch und liegt um rund ein Viertel höher als der von KOLLMANN für die Europäer Lärche ermittelte Wert. Auch die von VON PECHMANN an sechs 42- bis 52-jährigen Japanlärchen festgestellte hohe Biegefestigkeit von 1110 kp/cm^2 wird um mehr als 10 % übertroffen.

Bei der Häufigkeitslinie in Abbildung 29 fällt die große Variationsbreite der Biegefestigkeit der hier bearbeiteten Japanlärchen auf. Sie beträgt 1300 kp/cm^2. Knapp 2 % der Stäbe haben eine sehr niedrige Biegefestigkeit zwischen

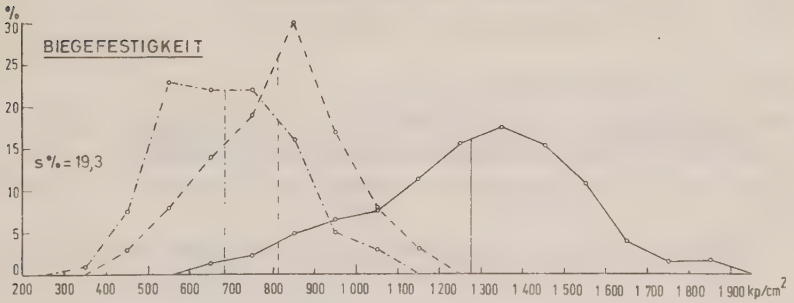

Abb. 29. Häufigkeitsverteilungen der Biegefestigkeit

600 und 700 kp/cm^2 und sind damit nicht biegefester als durchschnittliches Tannenholz. Ein nicht geringer Teil der Biegestäbe (fast 19 %) ist dagegen mit Werten, die über 1500 kp/cm^2 liegen, außerordentlich biegefest. Der Variationskoeffizient ist mit 19,3 % entsprechend groß.

Vergleicht man die drei Häufigkeitslinien in Abbildung 29, so wird die große Unterschiedlichkeit der Ergebnisse der eigenen und der von GABER durchgeführten Biegeversuche deutlich. Zum einen zeigt der höhere und schmalere Verlauf der

Linien von GABER, daß die Biegefestigkeit seiner Lärchen nicht so stark streute. Zum anderen fand GABER sehr geringe Werte (kleiner als 400 bzw. 500 kp/cm^2) und keinen Wert über 1100 bzw. 1200 kp/cm^2, während der häufigste Wert der etwa 70-jährigen Japanlärchen bei 1350 kp/cm^2 liegt. Auf die Vorbehalte, die aufgrund der größeren Probenabmessungen bei GABER bei einem Vergleich der Häufigkeitskurven angemeldet werden müssen, wurde bereits hingewiesen.

In der Tabelle 7 ist das Ergebnis der Regressionsanalyse für die Beziehung Biegefestigkeit-Rohdichte wiedergegeben.

Tabelle 7

Regressionsanalyse der Beziehung
Biegefestigkeit-Rohdichte

Anzahl der Beobachtungen: 434
Koeffizienten der linearen Funktion: a = -396; b_1 = 3100
F 5%=3,84; F 1%=6,64; t 5%=1,96; t 1%=2,58

Typ der Funktion	F-Wert	t-Wert		R	B (%)
Lin	1 086	b_1	33	o,846	71,6
Log	1 060	b_1	33	o,843	71,1

Nur der lineare und logarithmische Ausgleich genügte den statistischen Anforderungen.

In Abbildung 30 ist die lineare Regressionslinie der genannten Beziehung dargestellt. Diese ist sehr straff. Über 70 % der Beobachtungswerte sind durch die Ausgleichslinie erklärt.

Der Mittelwert für den Elastizitäts-Modul beträgt fast 123 000 kp/cm^2. Das Holz der hier untersuchten Japanlärchen erweist sich damit im Durchschnitt als ebenso elastisch wie normales Kiefernholz. Der E-Modul ist um gut 10 % größer als

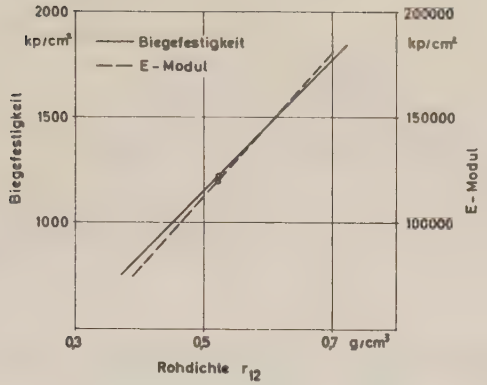

Abb. 30. Regressionslinien der Beziehung Biegefestigkeit-Rohdichte und E-Modul-Rohdichte

derjenige von Fichte und Tanne (nach KOLLMANN E-Modul der Fichte und Tanne 110 000 kp/cm^2).

Der E-Modul, den KOLLMANN für die europäische Lärche mit 138 000 kp/cm^2 angibt, übersteigt deutlich den hier ermittelten Wert. Dagegen fand GABER an europäischer Lärche einen geringeren (112 200 kp/cm^2) und an japanischer Lärche einen wesentlich niedrigeren Wert (82 200 kp/cm^2).

Der durchschnittliche E-Modul, den VON PECHMANN für sechs japanische Lärchen ermittelte (127 000 kp/cm^2), stimmt mit dem eigenen, nicht mit Hilfe der Rohdichte verbesserten Wert gut überein.

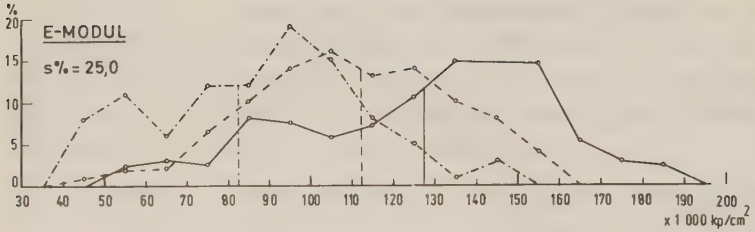

Abb. 31. Häufigkeitsverteilungen des E-Modul

In Abbildung 31 sind Häufigkeitslinien für den E-Modul dargestellt. Die Variationsbreite des E-Modul der hier geprüften Biegestäbe ist groß. Sie reicht von 50 000 bis 190 000 kp/cm^2. Der Variationskoeffizient beträgt 25 %, der häufigste Wert 135 000 kp/cm^2.

Der E-Modul streute bei den Lärchen, die GABER untersuchte, nicht ganz so stark. GABER fand noch Werte für den E-Modul, die kleiner sind als 50 000 kp/cm^2, aber keine, die 150 000 bzw. 160 000 kp/cm^2 übersteigen. Bei diesem Vergleich sind jedoch die gleichen Vorbehalte notwendig, die bei dem Vergleich der Häufigkeitslinien der Biegefestigkeit gemacht wurden.

Die Regressionsanalyse, deren Ergebnisse Tabelle 8 enthält, läßt ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen E-Modul und Rohdichte erkennen. Der lineare und der logarithmische Ausgleich, die allein den von uns gestellten statistischen Anforderungen genügten, weisen fast übereinstimmende Bestimmungsmaße auf.

Tabelle 8

Regressionsanalyse der Beziehung

E-Modul - Rohdichte

Anzahl der Beobachtungen: 434

Koeffizienten der linearen Funktion: a = -54 605; b_1 = 335 441

F 5%= 3,84; F 1%=6,64; t 5%=1,96; t 1%=2,58

Typ der Funktion	F-Wert	t-Wert		R	B (%)
Lin	445	b_1	21	o,712	50,7
Log	443	b_1	21	o,711	50,6

Die Beziehung zwischen E-Modul und Rohdichte ist nicht straff. Nur gut 50 % der Beobachtungswerte sind in der Ausgleichslinie der Abbildung 30 repräsentiert.

3.3.5. Schlagbiegefestigkeit

Der Mittelwert für die Bruchschlagarbeit ist mit o,508 kpm/cm^2 unerwartet niedrig. Immerhin übertrifft er aber deutlich die Werte, die KOLLMANN (1951) für Fichte (o,46 kpm/cm^2) und insbesondere für Tanne (o,42 kpm/cm^2) und Kiefer (o,40 kpm/cm^2) angibt.

Ein Vergleich der Mittelwerte der Bruchschlagarbeit in Tabelle 4 fällt für die zwanzig etwa 70 Jahre alten Probestämme weniger günstig aus. Die Angaben von GABER sind mit dem eigenen Ergebnis fast übereinstimmend. VON PECHMANN fand aber an Japanlärchen eine um o,04 kpm/cm^2 bessere Schlagbiegefestigkeit und für die europäische Lärche gibt KOLLMANN sogar einen um rund o,09 kpm/cm^2 höheren Wert an.

Abbildung 32 veranschaulicht die große Variationsbreite der Schlagbiegefestigkeit, die für alle drei Probenkollektive durch den niedrigen Wert von o,1 kpm/cm^2 und durch eine außerordentlich gute Bruchschlagarbeit von 1,1 kpm/cm^2

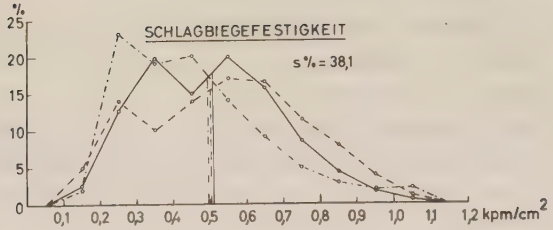

Abb. 32. Häufigkeitsverteilungen der Schlagbiegefestigkeit

abgegrenzt wird. Die Streuung ist bei den hier geprüften Schlagbiegestäben mit o,194 kpm/cm^2 sehr groß. Das gleiche gilt für den Variationskoeffizienten. Er beträgt 38,1 %.

Aus dem Verlauf der drei Häufigkeitslinien läßt sich folgendes ablesen: Die von GABER untersuchten Europäer Lärchen haben in der Bruchschlagarbeit eine etwas größere Streuung als die hier untersuchten Japanlärchen, während die Schlagbiegefestigkeit der von GABER geprüften Japanlärchen etwas gleichmäßiger ist. Bemerkenswert ist weiterhin, daß alle drei Häufigkeitslinien der Schlagbiegefestigkeit zweigipfelig sind. Der erste Gipfel liegt bei Werten um o,3 kpm/cm^2, der zweite bei Werten um o,5 kpm/cm^2.

Tabelle 9

Regressionsanalyse der Beziehung Schlagbiegefestigkeit-Rohdichte

Anzahl der Beobachtungen: 434
Koeffizienten der logarithmischen Funktion: a = o,372; b = 1,78
F 5%=3,84; F 1%=6,64; t 5%=1,96; t 1%=2,58

Typ der Funktion	F-Wert	t-Wert		R	B (%)
Lin	193	b_1	11	o,577	33,3
Log	134	b_1	12	o,6o1	36,1

Wie aus der Tabelle 9 hervorgeht, ließ sich mit Hilfe der Regressionsanalyse keine brauchbare Ausgleichslinie errechnen. Beim linearen und logerithmischen Ausgleich sind die F- und t-Werte zwar hoch signifikant, die Bestimmtheitsmaße lassen jedoch erkennen, daß nur rund 33 bzw. 36 % der Gesamtstreuung durch die Ausgleichsfunktionen erklärt werden.

Die Dynamische Kennzahl, die das Verhältnis der Bruchschlagarbeit zur Rohdichte ausdrückt, ist mit 1,76 km gut und deckt sich fast mit dem Ergebnis, welches VON PECHMANN an Japanlärchen fand (1,80 km). Sehr hoch ist der Wert, der aus der von GABER für die Japanlärche angegebenen mittleren Schlagbiegefestigkeit und Rohdichte berechnet wurde. Für die Europäer Lärche ergab sich aus den genannten Mittelwerten bei GABER ein deutlich niedrigerer und bei KOLLMANN sogar der niedrigste Wert der Tabelle 4. VON PECHMANN fand (1955) bei Larix leptolepis sichtlich höhere Dynamische Kennzahlen als bei Larix decidua. Die Folgerung scheint also begründet, daß die japanische Lärche ihrer europäischen Schwester in der Dynamischen Kennzahl nicht unerheblich überlegen ist.

3.3.6. Zugfestigkeit

Die hier durchgeführten Zugfestigkeitsprüfungen ergaben einen Mittelwert von 1144 kp/cm^2. Dieser übertrifft bei weitem die in der Literatur (KOLLMANN, 1951) angegebenen Werte für Tanne (840 kp/cm^2), Fichte (900 kp/cm^2) und liegt um gut 100 kp/cm^2 höher als bei normalem Kiefernholz.

Von den Angaben der Tabelle 4 liegt nur der VON PECHMANN'sche Wert vergleichbar hoch (1165 kp/cm^2). Die Werte von GABER für die Europäer Lärche (968 kp/cm^2) und insbesondere für Japanlärche (744 kp/cm^2) sind wesentlich niedriger.
Auch die Zugfestigkeit, die KOLLMANN für die Europäer Lärche angibt, ist mit 1070 kp/cm^2 deutlich geringer.

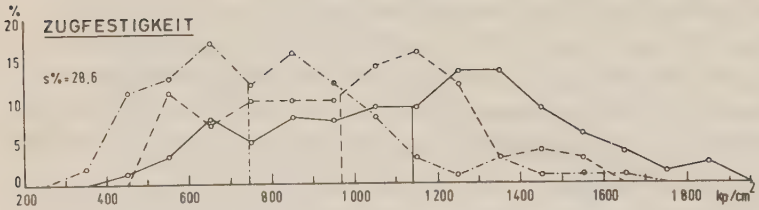

Abb. 33. Häufigkeitsverteilungen der Zugfestigkeit

Wie Abbildung 33 zeigt, erstreckt sich die Variationsbreite der Zugfestigkeit der hier bearbeiteten Probestämme von 400 bis 1900 kp/cm^2. Die Streuung beträgt 328 kp/cm^2, der Variationskoeffizient 28,6 %. Der häufigste Wert liegt bei 1300 kp/cm^2.

Bei einem Vergleich der Häufigkeitslinien in Abbildung 33 ist erkennbar, daß das GABER'sche Probenmaterial in der Zugfestigkeit weniger streute. GABER fand an Europäer- und Japan-Lärche nur wenige Proben mit einer Zugfestigkeit, die 1300 kp/cm^2 übersteigt (10 bzw. 6 %). Dagegen war der Anteil der Proben dieser hohen Zugfestigkeit bei den 70-jährigen Japanlärchen mit gut 15 % wesentlich größer.

Eine Beziehung zwischen Zugfestigkeit und Rohdichte ist für das Gesamtmaterial nicht darstellbar. Aus Tabelle 10 ist ersichtlich, daß bei dem linearen und logarithmischen Ausgleich, die beide gut gesicherte F- und t-Werte aufweisen, das Bestimmtheitsmaß lediglich gut 30 bzw. 36 % beträgt.

Tabelle 10

Regressionsanalyse der Beziehung

Zugfestigkeit-Rohdichte

Anzahl der Beobachtungen: 239

Koeffizienten der logarithmischen Funktion: a = 7,900;
b = 1,48

F 5%=3,84; F 1%=6,64; t 5%=1,96; t 1%=2,58

Typ der Funktion	F-Wert	t-Wert		R	B (%)
Lin	118	b_1	11	0,577	33,3
Log	134	b_1	12	0,611	36,1

Die Reißlänge gibt an, wie lang ein Stab theoretisch sein müßte, um bei lotrechter Aufhängung aufgrund seines Eigengewichtes abzureißen. Bei den hier geprüften Zugstäben liegt diese im Durchschnitt bei über 23 km. VON PECHMANN errechnet für Larix leptolepis einen Mittelwert von knapp 21 km. Die Reißlängen, welche aus den Zugfestigkeiten und Rohdichten von GABER und KÖLLMANN abgeleitet wurden, sind wesentlich kleiner. Die beiden für GABER errechneten Werte unterscheiden sich jedoch kaum. Auch VON PECHMANN (1955) konnte bei einer stammweisen Gegenüberstellung zwischen den beiden Lärchenarten keinen deutlichen Unterschied in der Reißlänge feststellen. Larix leptolepis und Larix decidua scheinen daher beide ein ähnlich günstiges Verhältnis Zugfestigkeit/Rohdichte zu haben.

3.4. Festigkeitseigenschaften in verschiedenen Schaftteilen

Von Interesse sind nicht nur die Durchschnittswerte der verschiedenen Festigkeiten, deren Streuungen und Häufigkeitsverteilungen. Es ist auch wichtig zu wissen, wie sich die Festigkeitswerte auf dem Stammquerschnitt und in verschiedenen Stammhöhen darstellen. Dabei ist die Rohdichte wegen ihres großen Einflusses auf die Festigkeitseigenschaften in die Betrachtung miteinzubeziehen.

3.4.1. Variation der Festigkeiten auf dem Stammquerschnitt

Von den zwanzig Probestämmen sind fast alle mehr oder weniger exzentrisch erwachsen. Es erscheint daher sinnvoll, zunächst an einem Beispiel die Variation der Festigkeiten auf möglichst zentrischen Stammquerschnitten zu verfolgen und dann der Frage nachzugehen, wie sich exzentrischer Wuchs bei der Japanlärche auf die Verteilung der Festigkeitseigenschaften auswirkt.

3.4.1.1. Festigkeiten in verschiedenen Querschnittszonen bei zentrisch erwachsenen Stämmen

Als Beispiel für die Verteilung der Rohdichte, der Druckfestigkeit und der Statischen Gütezahl über dem Stammquerschnitt ist in Abbildung 34 eine Scheibe aus 4,5 m Höhe des Stammes 15 der Fläche Ochsenhausen II dargestellt. Dabei wurden die aus den Einzelproben gewonnenen Werte in Klassen zusammengefaßt und diese zonenweise auf dem Querschnitt aufgetragen.

Die niedrigsten Druckfestigkeiten mit Werten unter 400 kp/cm^2 treten erwartungsgemäß im marknahen Bereich auf. Nach außen steigt die Druckfestigkeit nach allen Himmelsrichtungen fast gleichmäßig bis zu Werten um 650 kp/cm^2 an, um dann nach Überschreiten der Kern-Splint-Grenze wieder einheitlich bis auf Werte zwischen 500 und 550 kp/cm^2 abzusinken.

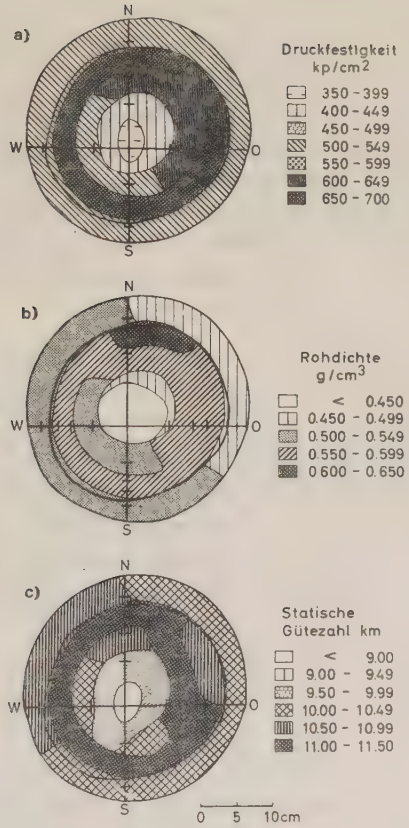

Abb.34. Verteilung der Druckfestigkeit, der Rohdichte und der Statischen Gütezahl über dem Stammquerschnitt - dargestellt an einer aus 4,5 m Höhe entnommenen Stammscheibe des Stammes 15 der Fläche Ochsenhausen II; (die Kern-Splint-Grenze ist - wie auch in den Abb. 35 - 37 und 42 - durch eine durchgehende Linie gekennzeichnet; die Striche auf den vier Radien grenzen - von außen beginnend - die in jeweils 10 Jahren zugewachsenen Holzmäntel ab)

Ein Blick auf die Verteilung der Rohdichte in Abbildung 34 b zeigt eine ziemliche Gleichläufigkeit, nämlich ebenfalls eine Zunahme der Werte im äußeren Kern und eine deutliche Abnahme der Dichte im Splint. Es liegt nahe, den Abfall der Rohdichte im Splint mit Beobachtungen zu deuten, die VOLKERT (1941) und BURGER (1945) an europäischen Lärchen machten. Bei dieser Baumart ist nach den genannten Autoren die größte Rohdichte bei Jahrringbreiten zwischen 1 und 2 mm zu erwarten und in den äußeren Zuwachsmänteln älterer Stämme eine Abnahme der Rohdichte feststellbar, die mit einem Absinken der Jahrringbreite auf Werte unter 1 mm verbunden ist.

VON DEWITZ ermittelte in einer noch nicht veröffentlichten Untersuchung an den hier bearbeiteten Japanlärchen die gleichen Rahmenwerte für die optimale Jahrringbreite, konnte Rohdichteproben mit einer durchschnittlichen Jahrringbreite unter 1 mm aber fast ausnahmslos nur im engringigen Teil stark exzentrischer Stammquerschnitte beobachten. Die geringere Jahrringbreite dürfte somit die Größe des Rohdichteunterschiedes zwischen dem äußeren Kernholz und dem Splintholz bei den etwa 70-jährigen Japanlärchen kaum erklären. Die Ursache des deutlichen Abfalls der Rohdichte und der Druckfestigkeit vom äußeren Kern zum Splint hin wird vielmehr in der Regel fast ausschließlich durch das Fehlen von eingelagerten Kernstoffen zustande kommen.

Für die Verteilung der Statischen Gütezahl auf dem Stammquerschnitt lassen sich aus Abbildung 34 c die gleichen Tendenzen ablesen, die für die Druckfestigkeit und die Rohdichte aufgezeigt wurden. Dazu muß jedoch einschränkend angemerkt werden, daß das hier erkennbare Absinken der Statischen Gütezahl vom Kern zum Splint hin an anderen Stämmen nicht beobachtet werden konnte. In der Regel waren die Statischen Gütezahlen im äußeren Kernbereich und im Splint nur unwesentlich verschieden und eine generelle Überlegenheit des Kernes über den Splint oder umgekehrt ließ sich nicht nachweisen. Die Verkernung erhöht also bei den von uns bearbeiteten Japan-

lärchen die Druckfestigkeit und die Rohdichte in einem ähnlichen Ausmaß.

Die Verteilung der Biegefestigkeit und des Biege-E-Modul sowie der Schlagbiegefestigkeit und der Dynamischen Kennzahl über dem Stammquerschnitt ist in den Abbildungen 35 a und b veranschaulicht. Die Verteilung der Zugfestigkeit über dem Stammquerschnitt konnte nicht in der gleichen Weise dargestellt werden, da die Anzahl der Zugstäbe je Probestamm zu gering war.

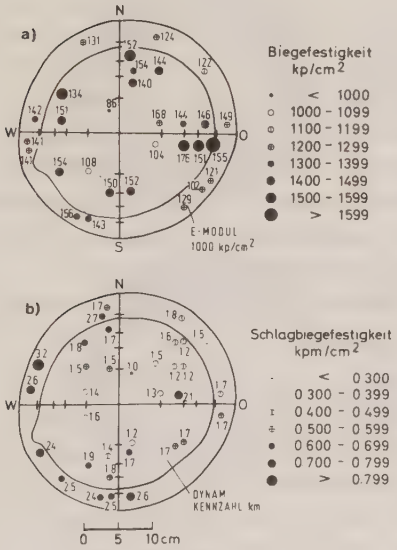

Abb.35. Verteilung der Biegefestigkeit und der Dynamischen Kennzahl auf dem Stammquerschnitt - dargestellt an einem aus 4,6 bis 5,7 m Höhe entnommenen Probekörper des Stammes 15 der Fläche Osenhausen II.

Bei einer Betrachtung aller zwanzig Probestämme läßt sich zur Verteilung der Biege-, Schlagbiege- und Zugfestigkeit sowie des E-Modul folgendes sagen: Im Kern steigen die Festigkeitswerte vom weitringigen marknahen Bereich nach außen hin an. Ein deutlicher Bruch an der Kern-Splint-Grenze

- wie er bei der Druckfestigkeit festgestellt werden konnte - ist hier nicht sichtbar. Da die Splintproben in der Regel höhere Dynamische Kennzahlen und größere Reißlängen hatten als Stäbe aus den äußeren Kernzonen, scheint sich die Verkernung auf die Bruchschlagarbeit und die Zugfestigkeit nicht positiv auszuwirken. Dagegen scheinen die Biegefestigkeit und der E-Modul durch die Verkernung in geringem Ausmaß erhöht zu werden.

3.4.1.2. Verteilung der Festigkeiten auf exzentrischen Stammscheiben

Im vorangegangenen Abschnitt wurden an einem Beispiel einige Gesetzmäßigkeiten für die Variation der Festigkeiten auf zentrischen Stammscheiben abgeleitet. Diese konnten sich beschränken auf Veränderungen der Festigkeiten in radialer Richtung, da ein Einfluß der Himmelsrichtung nicht erkennbar war. Die gleichen Gesetzmäßigkeiten sind auch bei exzentrischen Stammscheiben zu erwarten und sollen daher im folgenden nicht noch einmal erörtert werden. Das Augenmerk ist vielmehr darauf zu richten, welche Unterschiede sich zwischen verschiedenen Scheibensektoren erkennen lassen.

In Abbildung 36 ist die Verteilung der Druckfestigkeit, der Rohdichte und der Statischen Gütezahl, in Abbildung 37 die der Biege-, Zug- und Schlagbiegefestigkeit auf einem stark exzentrischen Stammquerschnitt dargestellt. Die Proben wurden einer Stammscheibe der Lärche 14 der Fläche Günzburg auf 4,5 m Höhe bzw. einem Probekörper desselben Stammes aus 4,6 - 5,7 m Höhe entnommen.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Darstellungen fällt auf, daß sich die Festigkeitswerte nicht - wie das bei annähernd runden Scheiben in der Regel der Fall ist - gleichmäßig über den Querschnitt verteilen, sondern daß die Seite mit dem stärkeren Durchmesser im allgemeinen geringere Werte aufweist als die gleichen Zuwachszonen auf der Gegenseite.

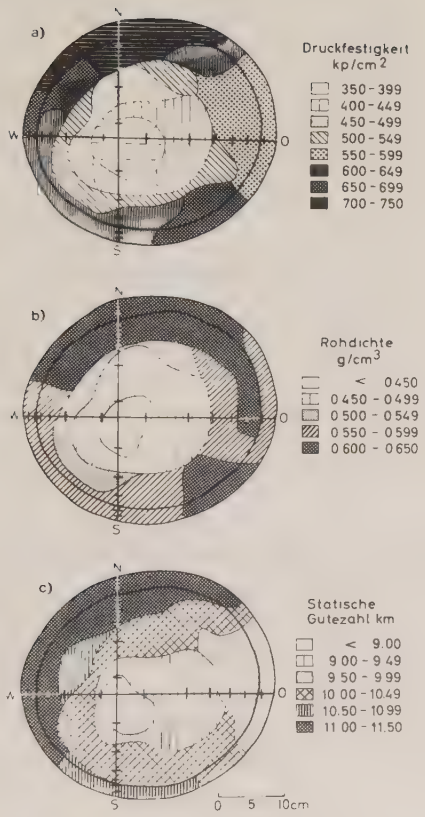

Abb. 36. Verteilung der Druckfestigkeit, der Rohdichte und der Statischen Gütezahl auf einer stark exzentrischen Stammscheibe - dargestellt an einer aus 4,5 m Höhe entnommenen Stammscheibe des Stammes 14 der Fläche Günzburg

Das Ausmaß dieser Schwankungen ist verschieden, die Unterschiede sind bei den einzelnen mechanischen Festigkeitseigenschaften mehr oder weniger deutlich ausgeprägt.

Die höchsten Werte der Druckfestigkeit sind in den äußeren Zuwachszonen im nördlichen und südöstlichen Teil der Scheibe zu finden. In dem Sektor mit dem größeren Radius bleiben die Festigkeitswerte mit der Entfernung vom Mark vergleichsweise lange niedrig. In einer verhältnismäßig breiten

äußeren Zuwachszone ist die Druckfestigkeit wieder befriedigend, doch erreicht sie weder die Werte des entsprechenden Bereichs im gegenüberliegenden Scheibensektor noch die der Holzteile, die sich in tangentialer Richtung anschließen.

Die Rohdichte (Abb. 36 b) zeigt eine ähnliche Verteilung. Ein Unterschied ist jedoch bemerkenswert. Bei der Druckfestigkeit entsprechen den relativ niedrigen Werten im äußeren Bereich des Sektors mit dem stärksten Dickenwachstum auf der gegenüberliegenden Scheibenseite deutlich höhere Werte. Die Rohdichte ist in der rindennahen Zone des Scheibenausschnitts mit dem kleinsten Radius dagegen etwas geringer als auf der breiteren Hälfte des Querschnitts. Zur Erklärung kann die Jahrringbreite herangezogen werden, die in den äußersten 15 Jahrringen der zuwachsschwachen Seite nur noch o,7 mm beträgt und damit bereits unterhalb der vorstehend angegebenen optimalen Jahrringbreite liegt.

Abbildung 36 c gibt mit der Statischen Gütezahl das Verhältnis der Druckfestigkeit zur Rohdichte auf dem Stammquerschnitt wieder. Die geringsten Werte finden sich wiederum in dem Scheibenausschnitt, in dem aufgrund des exzentrischen Wuchses die breitesten Jahrringe gebildet wurden. Gute Statische Gütezahlen sind dagegen - abgesehen von den Scheibenteilen, auf die der exzentrische Wuchs keinen deutlichen Einfluß hat - in dem Scheibensektor mit dem kleinsten Radius sichtbar.

Die Biegefestigkeit und der E-Modul, die in Abbildung 37 a eingetragen sind, verhalten sich in exzentrischen Stämmen ähnlich wie die Druckfestigkeit. Der Einfluß der Exzentrizität kommt in der Abbildung durch wesentlich geringere Biegefestigkeitswerte im zuwachsstarken Teil des Querschnitts deutlich zum Ausdruck. Noch eindrucksvoller ist die Gegenüberstellung der Werte des E-Modul. Auf der weitringig erwachsenen Baumseite sind diese z.T. nur halb so groß wie in den engringigen Querschnittszonen.

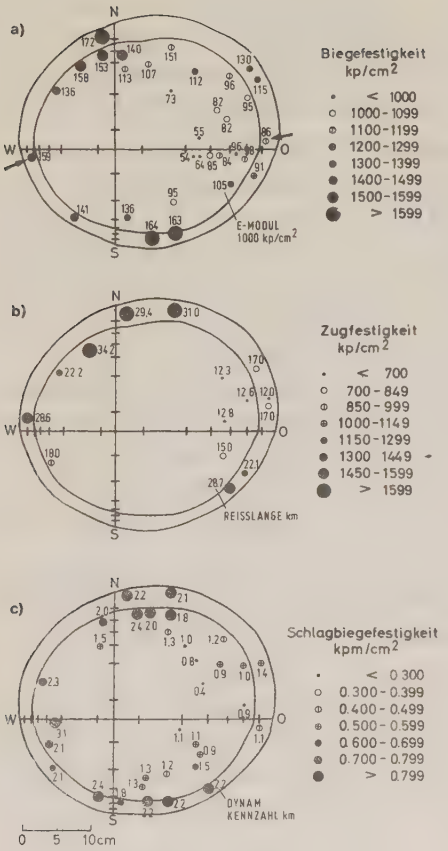

Abb. 37. Verteilung der Biegefestigkeit und des E-Modul, der Zugfestigkeit und der Reißlänge sowie der Schlagbiegefestigkeit und der Dynamischen Kennzahl auf einem stark exzentrischen Stammquerschnitt - dargestellt an einem aus 4,6 - 5,7 m Höhe entnommenen Probekörper des Stammes 14 der Fläche Günzburg

Trotz geringer Probenzahl kann man aus Abbildung 37 b ablesen, daß auch die Zugfestigkeit in dem Ausschnitt mit dem größten Radius die weitaus schlechtesten Werte aufweist.

Besonders auffallend sind die Unterschiede, die in Abbildung 37 c zwischen sich gegenüberliegenden Stammausschnitten bei der Bruchschlagarbeit sichtbar werden. Während diese im Bereich sehr breiter Jahrringe nur Werte bis zu 0,6 kpm/cm^2

und zum Teil sogar nicht einmal o,3 kpm/cm^2 erreicht, hat sich für den Sektor der schwächer entwickelten Baumseite eine höhere, bis über o,8 kpm/cm^2 hinausgehende Schlagbiegefestigkeit ergeben. Die gleichen Verhältnisse spiegeln sich noch verstärkt in den Dynamischen Kennzahlen wieder.

Die Unterschiede in der Verteilung der Festigkeiten über dem Stammquerschnitt, die an konzentrischen und exzentrisch erwachsenen Stämmen festgestellt wurden, können eine Erklärung nur in der Holzstruktur finden. Um dieser Frage nachzugehen, wurden an einer Reihe von Probenpaaren aus den in Richtung der Exzentrizität liegenden Querschnittsvierteln mikroskopische Untersuchungen vorgenommen. Die Paare wurden aus gegenüberliegenden und im gleichen Alter gebildeten Zuwachszonen ausgewählt. Um bei einer Gegenüberstellung den Einfluß der Rohdichte auf die Festigkeitswerte möglichst auszuschalten, wurde darauf geachtet, daß die zu vergleichenden Einzelproben in etwa die gleiche Rohdichte aufwiesen. Im folgenden werden zwei Biegestäbe gegenübergestellt, die das Ergebnis der mikroskopischen Untersuchungen gut wiederspiegeln.

Die Lage der beiden Probestäbe ist in Abbildung 37 a durch Pfeile gekennzeichnet. Während die Rohdichte fast übereinstimmt, sind ihre Spätholzanteile, ihre Jahrringbreiten und ihre Festigkeitswerte unterschiedlich.

Biegestab Nr.	r_{12} (g/cm^3)	Biegefestigkeit (kp/cm^2)	E-Modul (kp/cm^2)	Jahrringbreite (mm)	Spätholzanteil %
50	o,582	1451	159 ooo	o,7	39
108	o,574	1146	86 ooo	2,2	47

Der Biegestab aus dem engringigen Teil des Stammquerschnitts hat nur eine durchschnittliche Jahrringbreite von o,7 mm, während diese bei Stab-Nr. 108 2,2 mm beträgt. Zudem liegt derSpätholzanteil dieser Probe mit 47 % um 8 % höher als auf

der Gegenseite. Die Biegefestigkeit und der E-Modul weisen Stab 50 als deutlich belastbarer (Unterschied in der Biegefestigkeit gut 300 kp/cm^2!) und als wesentlich elastischer aus. Der E-Modul des engringigen Stabes ist fast doppelt so groß wie der des weitringigen.

In den Abbildungen 38 und 39 sind Querschnitte und Radialschnitte der Biegestäbe 50 und 108 gegenübergestellt. Bei der engringigen Probe sind keine Besonderheiten in der Struktur des Holzes zu erkennen. Dagegen lassen sich an dem Quer- und Längsschnitt des Biegestabes von der stärker entwickelten Baumseite mikroskopische Merkmale erkennen bzw. ablesen, die in der Literatur mehrfach als eindeutige Erkennungszeichen für Druckholz belegt sind: Rundliche Tracheidenquerschnitte mit deutlich erkennbaren Interzellularen (TRENDELENBURG, 1932); (PILLOW, M.Y. und R.F. LUXFORD, 1937) und Verlauf der Mikrofibrillen in flachen Schraubenlinien(JACCARD und FREY, 1928).

Im rechten Lichtbild der Abbildung 38 sind die von der Normalform deutlich abweichende Ausbildung der Tracheidenquerschnitte und die für Druckholz typischen Interzellularen direkt sichtbar. Bei der Abbildung 39 muß man aus dem erkennbaren Verlauf der Spalten auf den der Mikrofibrillen schließen. Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen kann auch der größere Spätholzanteil des Biegestabes 108 als typisch für Druckholz angesehen werden.

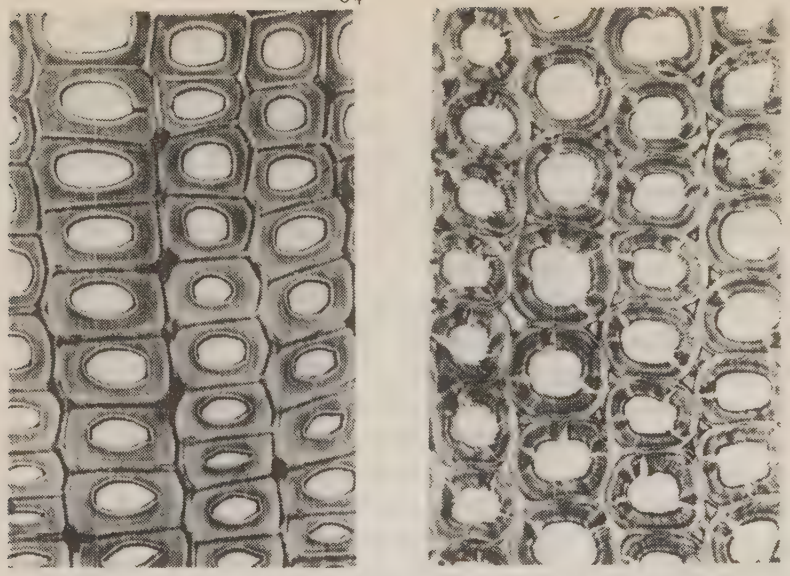

Abb. 38. Querschnitte aus zwei gegenüberliegenden Seiten einer exentrisch erwachsenen Japanlärche.
Links: Biegestab Nr.50 Rechts: Biegestab Nr.108
Vergrößereung 480-fach

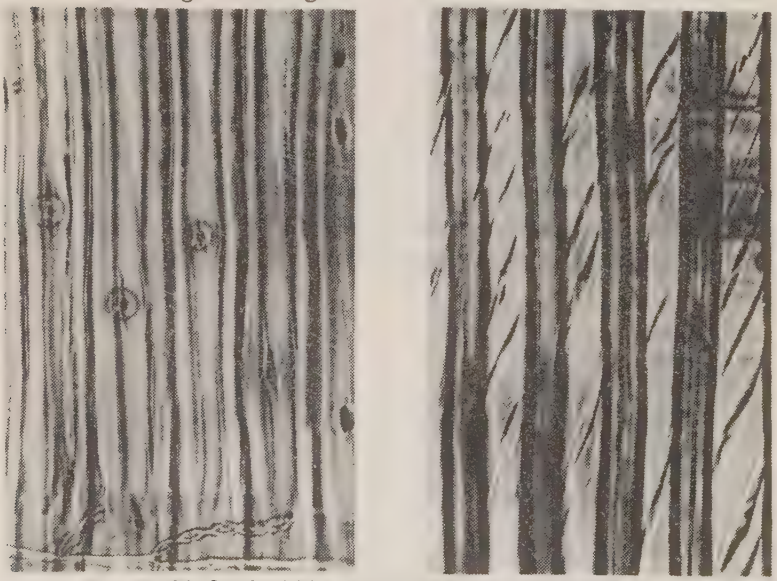

Abb. 39. Radialschnitte aus zwei gegenüberliegenden Seiten einer exzentrisch erwachsenen Japanlärche.
Links: Biegestab 50 Rechts: Biegestab Nr.108
Vergrößerung 480-fach

Die auf exzentrischen Stammscheiben auffallenden, mehr oder minder großen Festigkeitsunterschiede in Zuwachszonen gleichen Alters, die bei vielen der hier untersuchten Japanlärchen zu beobachten sind, finden damit u.a. in dem Auftreten von Druckholz eine einleuchtende Erklärung.

Makroskopisch war Druckholz auf dem Stammquerschnitt nur selten - und dann kaum eindeutig - erkennbar. Die Erklärung wird u.a. darin zu suchen sein, daß die intensive Kernfärbung die Farbnuancen zwischen normalem Holz und Druckholz nicht sichtbar werden läßt.

Auch die von PILLOW (1941) vorgeschlagene Methode, Druckholz durch eine Durchleuchtung dünner Stammquerschnitte deutlich werden zu lassen, ermöglichte keine Abgrenzug zwischen normalem Holz und Druckholz.

Da eine gesonderte rechnerische Verarbeitung der druckholzhaltigen Proben aus diesem Grunde nicht möglich war, ließen sich auch die Unterschiede in den Festigkeitswerten zwischen normalem Holz auf der einen und Reaktionsholz auf der anderen Seite nicht quantifizieren. Wenn man die Verteilung der Festigkeiten in der Querrichtung an sämtlichen exzentrischen Stämmen betrachtet, lassen sich dennoch einige Tendenzen feststellen.

Die Druckfestigkeit ist auf der weitringigen, druckholzhaltigen Baumseite in der Regel geringer als in normalem Holz. Das gleiche gilt für die Rohdichtebezogene Druckfestigkeit, die Statische Gütezahl. Holzproben aus dem Stammsektor mit dem stärksten Dickenwachstum und vergleichsweise sehr breiten Jahrringen sind danach bei den exzentrischen Japanlärchen nicht so druckfest wie gleich schweres Holz in dem gegenüberliegenden Stammausschnitt.

Die Zugfestigkeit wird durch die an exzentrisch erwachsenen Japanlärchen beobachtete Druckholzbildung noch stärker beeinträchtigt als die Druckfestigkeit. Hier wirken sich sowohl die besondere chemische Zusammensetzung als auch die vom

Normalholz abweichende Struktur des Druckholzes festigkeitsmindernd aus. Zum einen ist der Celluloseanteil im Druckholz wesentlich geringer (TRENDELENBURG, 1932), wodurch die Zugfestigkeit beeinträchtigt wird (KLAUDITZ, 1951), zum anderen setzt der flache Verlauf der Mikrofibrillen die Zugfestigkeit herab (PASHIN u.a., 1964).

Die Biegefestigkeit und - in noch weit stärkerem Maß - der E-Modul sind in druckholzhaltigen Stammteilen ebenfalls geringer als im Normalholz. Das gleiche konnte VON PECHMANN (1969) an Douglasien nachweisen.

Die Bruchschlagarbeit fällt von den betrachteten Festigkeiten in dem Stammausschnitt, in dem Druckholz vorhanden ist, mit Abstand am stärksten ab. BERNHART (1966) kam bei Fichte zu dem gleichen Ergebnis. GHELMEZIU (1938) stellte bei der gleichen Baumart fest, daß Stäbe mit Druckholz um bis zu 50 % geringere Werte der Bruchschlagarbeit aufweisen als Stäbe aus normalem Holz, und sieht einen Vorteil der Dynamischen Kennzahl darin, daß sich mit ihr Druckholz erkennen und von der Verwendung ausschließen läßt.

Auch bei der Bruchschlagarbeit ist zu vermuten, daß die vom Normalholz abweichenden Werte bei den druckholzhaltigen Proben durch die besondere chemische Zusammensetzung des Druckholzes bewirkt wird. VON PECHMANN (1953) ging diesen Zusammenhängen nach. Er fand bei Rotbuche an zugholzhaltigen Probestäben besonders hohe Werte der Schlagbiegefestigkeit. Eingehendere Untersuchungen ergaben, daß die höhere Bruchschlagarbeit des Zugholzes im wesentlichen durch einen höheren Celluloseanteil, der mit einem geringeren Anteil an Lignin verbunden ist, verursacht wird. Es ist wahrscheinlich, daß sich die Besonderheiten der chemischen Zusammensetzung des Druckholzes (geringer Cellulose-, hoher Ligninanteil) bei den hier geprüften Japanlärchen analog, aber im gegenteiligen Sinn auf die Bruchschlagarbeit auswirken.

In diesem Zusammenhang darf auch auf die Arbeit von LOW (1964)

hingewiesen werden, die eine Literaturübersicht über die Probleme der Reaktionsholzbildung bietet. Wir können feststellen, daß die hier aufgezeigten Tendenzen sich im wesentlichen mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen decken.

3.4.2. Druckfestigkeit in verschiedenen Schafthöhen

Um sich ein Bild der Festigkeit in verschiedenen Stammhöhen machen zu können, wurden bei drei Taubenberger Probestämmen (St.-Nr. 12, 4 und 13) und einer Lärche des Bestandes Landshut (St.-Nr. 1) an je sechs Stammscheiben Druckfestigkeitsuntersuchungen vorgenommen. Die unterste Stammscheibe (Scheibe Nr. 1) wurde aus o,4 m Höhe entnommen, die übrigen aus 4,5 m, aus 5,8 m, aus 9,9 m, aus 14,o m und schließlich aus 18,1 m Stammhöhe.

Bei der Beschreibung der Probestämme war der St.-Nr. 1 der Landshuter Fläche als in seinem Jahrringbau besonders ausgewogen aufgefallen. Die Stammanalysen der Stämme 12, 4 und 13 aus den Beständen Taubenberg I und II zeigten hingegen, daß diese Lärchen in der Jugend sehr ungestüm und daher weitringig erwachsen waren. Der Unterschied zwischen St.-Nr. 1 auf der einen und den Taubenberger Probestämmen auf der anderen Seite wird noch verstärkt durch eine in den einseitigen Stammanalysen (s. Abb. 22 und 24) nicht aufscheinende, mehr oder minder große Exzentrizität der Stammscheiben. Während St.-Nr. 1 verhältnismäßig zentrisch gebaut ist, zeigen die Stammscheiben der Taubenberger Probestämme exzentrischen - und bei St.-Nr. 13 sogar stark exzentrischen - Wuchs an.

Ein bei allen vier Stämmen im gleichen Sinne wirksamer Einfluß der Entnahmehöhe auf die Druckfestigkeit und die Statische Gütezahl ließ sich an Hand der für die einzelnen Stammscheiben berechneten Mittelwerte nicht erkennen.
Bei dem Landshuter Probestamm fallen die Scheibenmittelwerte der Druckfestigkeit mit zunehmender Höhe im Stamm

stark ab.Bei Stamm 13 ist in abgeschwächter Form die gegenläufige Tendenz zu beobachten. Bei den Stämmen 4 und 12 variiert die durchschnittliche Druckfestigkeit der Stammscheiben nicht so stark. Ein Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit und Entnahmehöhe ist bei diesen aus den Scheibenmittelwerten jedoch nicht abzulesen.

Auch bei einem Versuch, Besonderheiten der über der Höhe im Schaft aufgezeichneten Druckfestigkeitskurven durch eine Zusammenschau der Faktoren Rohdichte und Jahrringbreite zu erklären und damit die Kurven von vermuteten, speziellen Einflüssen zu bereinigen, ließ sich kein Abhängigkeitsverhältnis zwischen der Druckfestigkeit und der Höhe im Stamm ableiten.

Nach den Feststellungen des vorangegangenen Abschnitts darf vermutet werden, daß bei den drei Taubenberger Probestämmen der Einfluß der Entnahmehöhe auf die Scheibenmittelwerte der Druckfestigkeit u.a. durch die Wirkung des exzentrischen Wuchses überdeckt wird. Eine Betrachtung der Scheibenmittelwerte erscheint deshalb nur bei Stamm 1 sinnvoll.

Aus Abbildung 40 ist ersichtlich, daß die Rohdichte bei dem Landshuter Stamm zunächst stark und dann langsamer mit steigender Höhe im Stamm abnimmt, zum Kronenbereich hin ab etwa 15 m Höhe jedoch wieder leicht ansteigt. Bei der Druckfestigkeit ist ein durchgehender Abfall zu beobachten. Die Statische Gütezahl nimmt vom Stammfuß aus zunächst zu, sinkt dann aber gleichbleibend bis zum Kronenansatz wieder ab.

Um diese bei nur einem Stamm beobachteten Tendenzen zu untermauern, ist ein Vergleich mit Untersuchungen anderer Autoren nützlich. JANKA (1913) und SCHÖNBACH (1938) beobachteten an Europäischer Lärche fast durchwegs ein Sinken der Rohdichte vom Wurzelstock bis gegen den Baumgipfel. VON DEWITZ stellt in einer noch nicht veröffentlichten Arbeit an mehreren der hier untersuchten Japanlärchen die gleiche Tendenz fest. TRENDELENBURG (1955) fand an Europäischer Lärche ebenfalls ein Absinken der Rohdichte vom Wurzelstock an,

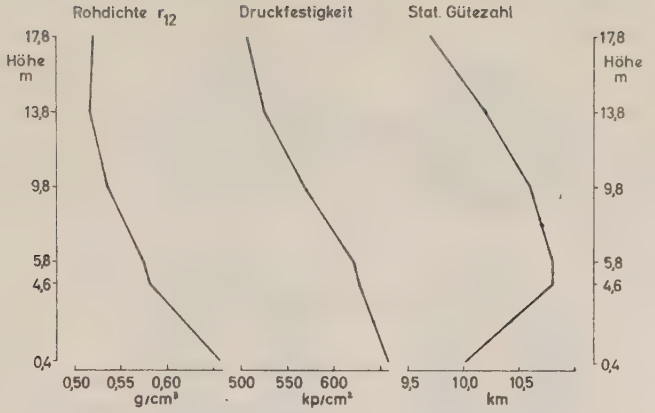

Abb. 40. Scheibenmittelwerte der Rohdichte, Druckfestigkeit und Statischen Gütezahl in verschiedenen Schafthöhen bei Stamm Nr. 1 der Fläche Landshut

dem jedoch ein leichter Anstieg zur Kronenpartie gegenübersteht.

Da sich zudem die Kurven, die in Abbildung 40 die Abhängigkeit der Druckfestigkeit und Statischen Gütezahl von der Höhe im Stamm darstellen, mit den Ergebnissen JANKA's (1913) und SCHÖBACH's (1938) gut decken, darf vermutet werden, daß die an Stamm 1 erkennbaren Tendenzen in der Regel bei zentrisch gewachsenen Japanlärchen zu erwarten sind.

Aus den unterschiedlichen Statischen Gütezahlen geht hervor, daß das Verhältnis der Druckfestigkeit zur Rohdichte in verschiedenen Stammhöhen nicht gleich ist. In Abbildung 41 druckt sich dies in den Niveau-Unterschieden der Regressionslinien aus, die für die einzelnen Scheiben die Beziehung zwischen der Druckfestigkeit und der Rohdichte wiedergeben.

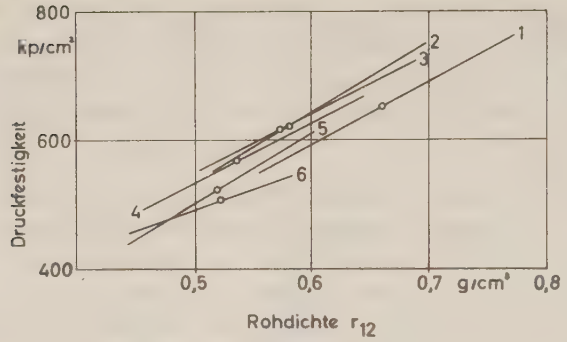

Abb. 41. Regressionsgeraden der Beziehung Druckfestigkeit-Rohdichte für sechs aus verschiedenen Schafthöhen entnommene Stammscheiben des Stammes 1 der Fläche Landshut

Der Steigungswinkel der Regressionsgeraden ist fast einheitlich. Die von WANDT (1937) aufgrund von Untersuchungen an Fichte und Kiefer geäußerte Mutmaßung, daß sich das Abhängigkeitsverhältnis zwischen Druckfestigkeit und Rohdichte mit der Höhe im Stamm verändert, bestätigt sich damit bei dem hier dargestellten Stamm nicht.

In Abbildung 42 ist für die Probestämme 12 und 4 der Flächen Taubenberg I bzw. II die Verteilung der Druckfestigkeit auf dem Stammquerschnitt in verschiedenen Schafthöhen dargestellt. KNIGGE (1958) stellte an mehreren Fichtenstämmen fest, daß die Druckholzbildung vom Stock zur Krone hin nachließ. Diese Tendenz ist bei den Stämmen 12 und 4 aus dem Maß der Exzentrizität nicht ablesbar.

Die Variation der Festigkeit ist nach Abbildung 42 bei den von uns untersuchten Japanlärchen in der Querrichtung der einzelnen Stämme wesentlich größer als in ihrer Längsrichtung. In allen betrachteten Schafthöhen legen sich um das wenig druckfeste, marknahe Holz nach außen hin bis zur Kern-Splint-Grenze Holzmäntel steigender Druckfestigkeit. Zum Splint hin sinkt die Druck-

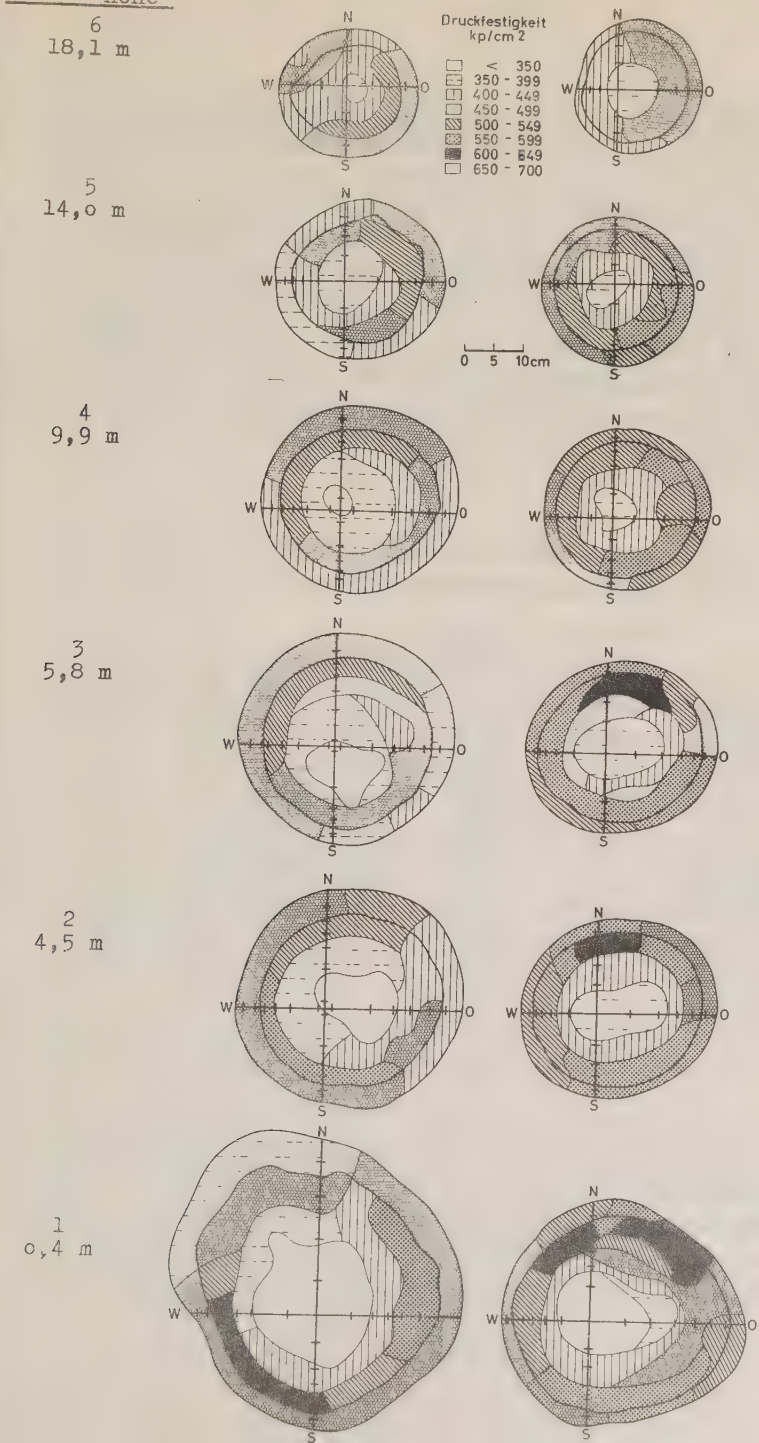

Abb. 42. Druckfestigkeit in verschiedenen Schafthöhen - dargestellt am Beispiel der Stämme 12 und 4 der Flächen Taubenberg I bzw. II

festigkeit bei sämtlichen Stammscheiben mehr oder weniger deutlich ab. Die Extremwerte der Festigkeit finden sich in den unteren Schaftteilen. Tabelle 11 spiegelt diese Tendez für alle vier bis auf 18 m Höhe untersuchten Probestämme wieder. Danach nehmen die Variationskoeffizienten der Druckfestigkeit vom Stammfuß zum Kronenbereich hin ab. Das gleiche gilt analog für die Variationsbreite, die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert der Druckfestigkeit einer Stammscheibe. In höheren Schaftteilen sind die Festigkeitseigenschaften demnach gleichmäßiger als in dem Erdstammstück.

Tabelle 11

Variationskoeffizient und Variationsbreite in verschiedenen Schafthöhen

	Scheiben-Nr.:	Entnahmehöhe	12	4	13	1
Variationskoeffizient der Druckfestigkeit	1	0,4	20,2	18,6	15,4	10,0
	2	4,5	18,4	15,1	12,3	9,0
	3	5,8	15,0	14,5	11,3	7,7
	4	9,9	12,5	13,9	11,0	6,5
	5	14,0	11,8	10,8	12,2	6,8
	6	18,1	8,8	10,6	11,0	6,5
Variationsbreite der Druckfestigkeit	1	0,4	351	318	230	279
	2	4,5	296	303	178	151
	3	5,8	286	278	190	137
	4	9,9	96	258	183	124
	5	14,0	95	247	148	136
	6	18,1	72	182	155	103

3.5. Festigkeitseigenschaften der einzelnen Stämme und der verschiedenen Bestände

In den vorangehenden Abschnitten wurden die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen mitgeteilt, die sich bei einer Zusammenfassung sämtlicher Probestämme ergaben. Außerdem demonstrierten wir an Hand von Einzelbeispielen einige Gesetzmäßigkeiten, soweit diese in der Tendenz auch bei den übrigen Probestämmen zu beobachten waren. Von Interesse ist aber auch die Frage, welche Unterschiede bei den Festigkeitseigenschaften zwischen den zwanzig Probestämmen bestehen und ob sich diese auf erkennbare Ursachen zurückführen lassen.

In Tabelle 12 sind die Stamm-Mittelwerte der untersuchten Festigkeiten angegeben. Dazu sind einige Anmerkungen erforderlich.

Es wurde bereits erwähnt (s. 3.3.4.), daß die aus den Probestäben errechneten Mittelwerte für die Stämme nicht unbedingt repräsentativ sind, da eine gleichmäßig dichte Verteilung der Stäbe über die Stammquerschnitte nicht möglich war. Bei dem Gesamtmaterial konnten die Mittelwerte der Biegefestigkeit und des E-Modul durch Einsetzen der mittleren Rohdichte der Druckproben in die entsprechende Regressionsgleichung verbessert werden. Bei den Stamm-Mittelwerten war dieser Weg nicht immer gangbar, da sich nicht für alle Stämme Regressionsgleichungen für die Beziehung Festigkeit-Rohdichte ergaben, durch die mehr als 50 % der Beobachtungen hätten erklärt werden können. Auf eine Verbesserung der Stamm-Mittelwerte wurde daher generell verzichtet.

Aus diesem Grunde ist für sämtliche in Tabelle 12 gekennzeichneten Probenkollektive die zugehörige mittlere Rohdichte angegeben. Ein Vergleich dieses Wertes mit der durchschnittlichen Rohdichte der Druckproben, die als repräsentativ für den Stamm gelten darf, läßt erkennen, inwieweit die leichteren - und das bedeutet hier inneren - Stammteile

Tabelle 12

Herkunft Fl.-Nr.	St.Nr.	Rohdichte g/cm³	s %	Druckfestigkeit kp/cm²	s %	Stat. Gütezahl km	Rohdichte g/cm³	Biegefestigkeit kp/cm²	E-Modul kp/cm²
01 Baindt	2	0,593	11,3	634	16,9	10,6	0,626	1 684	164 870
	10	0,513	8,5	533	11,1	10,4	0,503	1 207	118 803
02 Tauben-berg I	12	0,480	9,8	444	16,3	9,2	0,487	1 091	115 051
	38	0,442	9,2	418	12,8	9,4	0,439	923	90 423
03 Tauben-berg II	4	0,499	9,0	507	14,7	10,1	0,531	1 253	110 769
	13	0,415	9,7	387	11,8	9,3	0,423	876	74 913
04 Günzburg	7	0,508	11,5	530	16,9	10,4	0,509	1 236	120 886
	14	0,543	13,5	555	18,5	10,2	0,576	1 252	119 523
05 Berghein	16	0,550	9,0	574	10,1	10,4	0,586	1 420	140 181
	17	0,556	11,0	574	15,8	10,3	0,565	1 411	142 849
06 Krumbach	11	0,553	9,6	599	14,5	10,8	0,549	1 260	122 922
	20	0,531	11,6	535	16,6	10,0	0,554	1 271	125 647
07 Landshut	1	0,562	7,4	603	8,3	10,7	0,592	1 386	147 745
	19	0,554	8,7	555	13,2	10,0	0,559	1 372	137 [illegible]
08 Liebenzell	3	0,565	10,6	619	13,6	10,9	0,587	1 491	147 612
	8	0,575	10,5	644	14,2	11,1	0,595	1 420	143 724
09 Ochsen-hausen I	5	0,558	10,0	591	14,4	10,5	0,584	1 411	1[illegible]
	9	0,520	7,9	553	11,9	10,6	0,527	1 262	[illegible]
10 Ochsen-hausen II	6	0,546	8,9	560	10,3	10,3	0,556	1 355	132 651
	15	0,527	10,2	550	15,2	10,4	0,554	1 362	139 174

Herkunft Fl.-Nr.	St.Nr.	Rohdichte g/cm^3	Bruchschlagarbeit kpm/cm^2	Dyn. Kennzahl	Rohdichte g/cm^3	Zugfestigkeit kp/cm^2	Reißlänge km
01 Baindt	2	0,621	0,901	2,40	0,637	1 276	22,3
	10	0,513	0,449	1,74	0,503	1 136	25,5
02 Taubenberg I	12	0,465	0,348	1,59	0,478	890	20,8
	38	0,444	0,418	2,12	0,429	586	15,4
03 Taubenberg II	4	0,520	0,344	1,23	0,539	983	20,4
	13	0,416	0,280	1,65	0,438	803	20,6
04 Günzburg	7	0,497	0,484	1,96	0,528	1 212	25,5
	14	0,583	0,555	1,60	0,597	1 098	20,5
05 Bergheim	16	0,569	0,527	1,63	0,570	1 348	26,6
	17	0,563	0,544	1,70	0,589	1 341	25,4
06 Krumbach	11	0,563	0,480	1,56	0,554	1 036	21,1
	20	0,540	0,428	1,45	0,568	1 177	23,2
07 Landshut	1	0,582	0,589	1,79	0,567	1 435	28,3
	19	0,574	0,616	1,88	0,580	1 360	26,2
08 Liebenzell	3	0,584	0,785	2,29	0,571	1 374	26,9
	8	0,587	0,648	1,85	0,617	1 240	22,5
09 Ochsenhausen I	5	0,566	0,591	1,80	0,603	1 448	26,9
	9	0,541	0,476	1,68	0,549	1 110	22,8
10 Ochsenhausen II	6	0,574	0,439	1,37	0,578	1 089	21,4
	15	0,544	0,546	1,85	0,556	1 124	22,5

unterrepräsentiert sind.

Variationskoeffiezienten sind in Tabelle 12 nur für die Druckfestigkeit und die Rohdichte, die aus den Druckproben abgeleitet wurde, enthalten. Die Angabe der stammweisen relativen Streuungen für die übrigen Festigkeitseigenschaften schien nicht sinnvoll. Der erwähnte Umstand, daß die Probestäbe nicht bei allen Stämmen in der gleichen Weise über den Stammquerschnitt verteilt werden konnten, läßt einen Vergleich der Variationskoeffizienten der einzelnen Stämme, die sich für die an den Stäben ermittelten Festigkeitswerte ergaben, nicht zu.

Als hervorragend in den Festigkeitseigenschaften fallen Stamm 2 der Fläche Baindt und die beiden Liebenzeller Probestämme auf. Ein Vergleich der Rohdichtewerte läßt allerdings erkennen, daß bei den Biege-, Zug- und Schlagbiegestäben z.T. die leichteren inneren Stammteile nicht ihren Volumenanteilen entsprechend vertreten sind. Die vier Taubenberger Probestämme weisen die bei weitem geringsten Festigkeitswerte auf.

Um den Rahmen, innerhalb dessen sich die Festigkeitswerte der hier geprüften Japanlärchen be egen, anschaulich werden zu lassen, seien im folgenden die Liebenzeller Probestämme denen der Fläche Taubenberg I gegenübergestellt und mit Werten verglichen, die von KOLLMANN (1951) für andere Holzarten angegeben sind.

Die schlanken Liebenzeller Lärchen, die in ihrem Jahrringbau verhältnismäßig ausgewogen sind, weisen mit rund o,575 g/m^3 eine hohe mittlere Rohdichte auf. Ihre Druckfestigkeit ist hervorragend und liegt bei einem Stamm noch über dem Wert, der bei KOLLMANN (1951) für Buche (620 kp/cm^2) zu finden ist. Als ausgezeichnet müssen auch die statischen Gütezahlen von rund 11 km angesehen werden. Die übrigen in Tabelle 12 angegebenen Mittelwerte sind bei den Liebenzeller Stämmen ebenfalls weit überdurchschnittlich, für die Gesamtmenge des Stammholzes in der Regel allerdings nicht voll repräsentativ.

Offensichtlich sind auch bei diesen Stämmen die inneren Schaftteile durch die Probestäbe zu gering vertreten.

Die beiden Liebenzeller Japanlärchen erreichen mit einem E-Modul von 143 000 bis 147 000 kp/cm^2 nicht ganz den Wert von Buchenholz (E-Modul bei Buche 160 000 kp/cm^2), übertreffen dieses in der Biegefestigkeit aber um rund 30 %. Ihre Zähigkeit entspricht der von Eschenholz, für das von KOLLMANN eine durchschnittliche Schlagbiegefestigkeit von 0,68 kpm/cm^2 angegeben wird. In der Zugfestigkeit sind die Liebenzeller Lärchen wiederum mit Buche (1350 kp/cm^2) zu vergleichen.

Den enormen Unterschied in der Druckfestigkeit zwischen den Liebenzeller Probestämmen und den abholzigen, innen sehr weitringigen Stämmen der Fläche Taubenberg I läßt Abbildung 43 deutlich werden. Während bei den Lärchen aus Liebenzell Druckfestigkeiten bis über 750 kp/cm^2 auftraten, reichen die höchsten an den Stämmen 12 und 38 der Fläche Taubenberg I festgestellten Werte kaum an die Druckfestigkeit heran, die für die beiden Liebenzeller Stämme 3 und 8 als Mittelwert berechnet wurde.

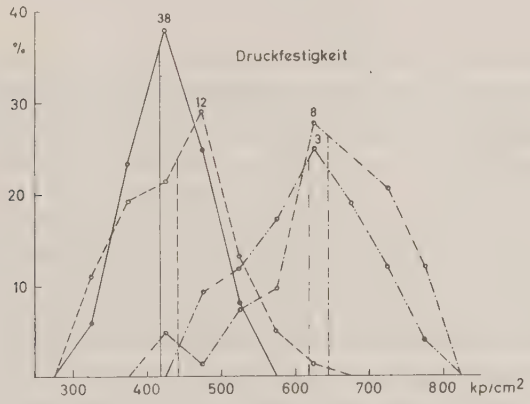

Abb. 43. Häufigkeitsverteilungen der Druckfestigkeit bei den Probestämmen mit den höchsten (St.-Nr. 3 und 8 der Fläche Liebenzell) und den geringsten Werten (St.-Nr. 12 und 38 des Bestandes Taubenberg I)

Im Durchschnitt ist die Druckfestigkeit der Probestämme der Fläche Taubenberg I deutlich geringer als die normalen Tannenholzes (470 kp/cm^2).

In Abbildung 44 wird der Unterschied in der rohdichtebezogenen Druckfestigkeit oder Statischen Gütezahl deutlich.

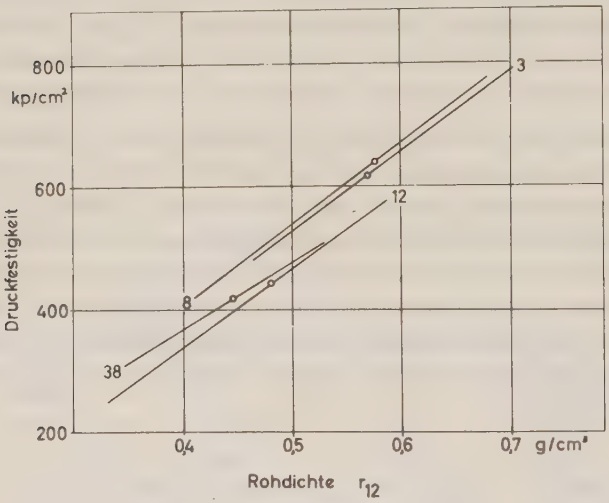

Abb. 44. Unterschied in der rohdichtebezogenen Druckfestigkeit zwischen den Probestämmen mit den höchsten (Liebenzell) und den geringsten Werten (Taubenberg I)

Bei gleicher Rohdichte haben die Druckproben, die aus den Liebenzeller Stämmen herausgearbeitet wurden, eine um rund 60 kp/cm^2 höhere Druckfestigkeit. Die Steigungsmaße sind dagegen bei den verschiedenen Regressionsgeraden ähnlich.

Bei den übrigen Festigkeitswerten (Biegefestigkeit, Elastizität, Zugfestigkeit und Schlagbiegefestigkeit) fallen zwei Probestämme von Taubenberg stark aus dem Rahmen. Vor allem sind die Schlagbiegewerte und die ermittelten E-Moduln

bei den Taubenberger Probestämmen z.T. so niedrig, daß sie nicht einmal die von KOLLMANN angegebenen Durchschnittswerte von Tannenholz erreichen (0,42 kpm/cm^2 bzw. 110 000 kp/cm^2).

Die Angaben zu den übrigen Probestämmen lassen das Bild der Festigkeitseigenschaften der hier untersuchten Japanlärchen jedoch wieder in einem günstigeren Licht erscheinen. Es zeigt sich nämlich, daß mit Ausnahme der Taubenberger Probestämme das übrige Untersuchungsmaterial durchwegs befriedigende Stamm-Mittelwerte für die verschiedenen Festigkeiten ergab. Zum größten Teil liegen diese sogar recht deutlich über den unter 3.3. besprochenen Gesamtmittelwerten.

Bevor man den zu erwartenden Festigkeitsunterschieden zwischen verschiedenen Beständen nachgeht, muß geprüft werden, ob die Mittelwerte für die Rohdichte und die Festigkeiten der beiden Stämme einer Fläche jeweils gut zusammen liegen. Das ist nicht immer der Fall. Während bei den Flächen Taubenberg I, Günzburg, Bergheim, Landshut, Liebenzell und Ochsenhausen I und II die Unterschiede in der mittleren Rohdichte der Druckproben und der Druckfestigkeit - die hier als Maßstab am besten geeignet sind - nicht mehr als 10 % des kleineren Wertes betragen, zeigten die Probestämme aus den Beständen Baindt, Taubenberg II und Krumbach doch erhebliche Unterschiede. Bei den Stämmen der Fläche Taubenberg II beträgt dieser bei der Druckfestigkeit gut 30 %. Auch die relativen Streuungen der Rohdichte und der Druckfestigkeit sind bei den Stämmen einer Fläche zum Teil deutlich verschieden.

Zum einen kann man daraus schließen, daß die Festigkeitseigenschaften innerhalb ein und desselben Bestandes von Stamm zu Stamm sehr unterschiedlich sein können, auch wenn die Bäume die gleiche soziologische Stellung haben und nach Dimensionen und Ausformung weitgehend übereinstimmen. Zum anderen bestätigt sich damit die Erwartung, daß mit nur zwei Probestämmen die durchschnittliche Festigkeit der Stämme eines Bestandes nicht hinreichend genau erfaßt werden kann. Einflüsse von Standort und waldbaulichen Maßnahmen lassen sich daher aus den Werten der Tabelle 12 kaum ablesen.

Auch die rohdichtebezogenen Druckfestigkeitswerte erlauben nicht eine Zusammenfassung der beiden Probestämme einer Versuchsfläche. Zwischen den besprochenen Stämmen der Fläche Liebenzell auf der einen und den Probestämmen des Bestandes Taubenberg I auf der anderen Seite sind die Niveau-Unterschiede der Regressionsgeraden Druckfestigkeit-Rohdichte zwar groß und die Geraden beider Stämme einer Fläche liegen gut zusammen. Für die Regressionsgeraden, die die Beziehung zwischen der Druckfestigkeit und der Rohdichte bei den übrigen 16 Probestämmen darstellen, läßt sich das gleiche jedoch nicht feststellen. Diese liegen wie ein Geradenbündel zwischen den in Abbildung 44 durch die Liebenzeller und Taubenberger Probestämme bezeichneten Grenzen, und da die Geraden der Stämme einer Fläche häufig beträchtliche Niveau-Unterschiede aufweisen, läßt sich mit Hilfe der für die Einzelstämme berechneten Regressionslinien ebenfalls keine Differenzierung der Festigkeiten verschiedener Bestände vornehmen.

Um dennoch einen Schlüssel zur Beantwortung der Frage zu finden, ob sich die Festigkeitseigenschaften durch waldbauliche Maßnahmen und Standortswahl beeinflussen lassen, wurde die Beziehung Festigkeit-Jahrringbreite regressionsanalytisch eingehend untersucht.

In Abschnitt 3.4.1.1. wurde gezeigt, daß die Verkernung die Rohdichte unabhängig von der Jahrringbreite ansteigen läßt, auf die verschiedenen Festigkeitseigenschaften aber eine unterschiedliche Wirkung ausübt. Während die Verkernung die Druckfestigkeit in einem ähnlichen Ausmaß wie die Rohdichte erhöht, ließ sich bei den übrigen untersuchten Festigkeiten kein deutlicher Einfluß der Verkernung feststellen.

Es mußte also bei der Untersuchung der Beziehung Festigkeit-Jahrringbreite der Einfluß der Verkernung berücksichtigt werden. Dies bereitete keine Schwierigkeiten, da alle durchgeführten Berechnungen sowohl für Kern- und Splintproben zusammen als auch für beide Probenarten getrennt durchgeführt wurden.

Für die Beziehungen zwischen der Biege-, Zug- und Schlagbiegefestigkeit auf der einen und der Jahrringbreite auf der anderen Seite ergaben sich für das Gesamtmaterial keine Ausgleiche, durch die mehr als 50 % der Beobachtungswerte hätten erklärt werden können. Die Straffheit der Beziehungen ließ sich auch durch eine nach Kern und Splint getrennte Berechnung nicht verbessern.

Deutliche Unterschiede im Bestimmtheitsmaß B ergaben sich dagegen bei der Untersuchung der Beziehung Druckfestigkeit-Jahrringbreite. Während sich bei der auf das Gesamtmaterial abgestellten Berechnung ein B-Wert von nur gut 38 % ergab, konnten für die Kernproben Beziehungen hergestellt werden, die ein Bestimmtheitsmaß bis zu gut 56 % aufweisen (s.Tab. 13).

Tabelle 13

Regressionsanalyse der Beziehung Druckfestigkeit-Jahrringbreite bei sämtlichen Kernproben

Anzahl der Beobachtungen: 1227

Koeffizienten der logarithmischen Funktion: a = 5,801
b_1 = -0,350

F 5%=3,84; F 1%=6,64; t 5%=1,96; t 1%=2,58

Typ der Funktion	F-Wert	t-Wert		R	B (%)
Lin	1 039	b_1	-32	0,677	45,8
Q	730	b_1	-25	0,737	54,3
		b_2	15		
K	510	b_1	-14	0,745	55,5
		b_2	8,3		
		b_3	-5,7		
Log	1 559	b_1	-39	0,748	55,6
LogQ	786	b_1	-7,1	0,750	56,3
		b_2	2,53		

Dies ist verständlich, da bei einer nur auf den Kern beschränkten Betrachtung die Unterschiede in der Druckfestigkeit zwischen Kern- und Splintproben gleicher Jahrringbreite, die durch die Verkernung bewirkt wird, ausgeschaltet sind.

Überraschend ist, daß sich für die Beziehung Druckfestigkeit-Jahrringbreite bei den Splintproben nur ein Bestimmtheitsmaß von 15,5 % errechnen ließ. Eine Erklärung hierfür konnte nicht gefunden werden.

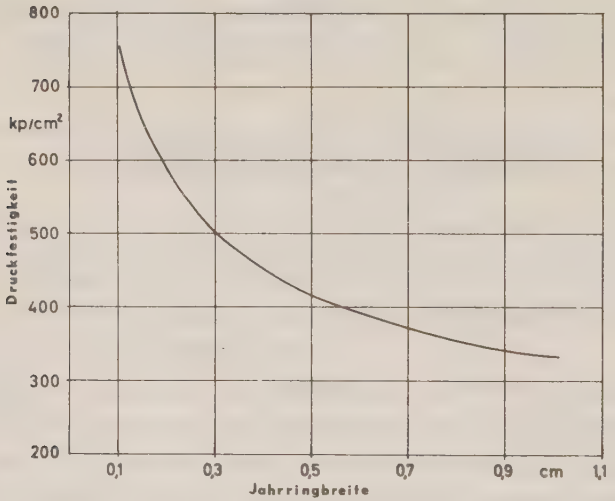

Abb. 45. Regressionslinie der Beziehung Druckfestigkeit-Jahrringbreite für Kernproben aller 20 Probestämme

Nach einer optischen Prüfung wurde in Abbildung 45 die Beziehung Druckfestigkeit-Jahrringbreite, die für die Kernproben errechnet werden konnte, durch den logarithmischen Ausgleich dargestellt. Erwartungsgemäß nimmt die Druckfestigkeit mit steigender Jahrringbreite ab. Ein Optimum im

Bereich zwischen 1 und 2 mm zeichnet sich nicht ab. Dies darf auch nicht erwartet werden, da im Kern Druckproben mit einer Jahrringbreite unter o,15 mm kaum vorkommen.

Bei der regressionsanalytischen Untersuchung der Beziehung Druckfestigkeit-Jahrringbreite erweist sich - neben der Trennung in Kern- und Splintproben - eine weitere Diffe - renzierung als fruchtbar. Es ist mit Sicherheit anzunehmen. daß der Spätholzanteil bei verschiedenen Probestämmen nicht gleich ist. Aus diesem Grunde werden aus verschiedenen Japanlärchen entnommene Holzproben bei gleicher Jahrringbreite eine unterschiedliche Rohdichte und - da die Beziehung Druckfestigkeit-Rohdichte straff ist - auch unterschiedliche Druckfestigkeit aufweisen. Eine auf die Kernproben der Einzelstämme abhebende Regressionsanalyse müßte daher Bestimmtheitsmaße ergeben, die besser sind als die in Tabelle 13 mitgeteilten.

Eine Betrachtung der Ergebnisse der auf die Einzelstämme abgestellten Regressionsanalysen bestätigt diese Erwartung. Im Durchschnitt aller Stämme ist das Bestimmtheitsmaß der Beziehung zwischen der Druckfestigkeit und der Jahrringbreite mit 66,9 % deutlich höher als bei den gesamten Kernproben.

Da der Spätholzanteil auch in ein und demselben Stamm mit der Höhe im Schaft schwankt, schien es weiterhin sinnvoll, Regressionsanalysen vorzunehmen, in die jeweils nur die Kernproben aus 4,5 bzw. 9,9 m Höhe eines Probestammes einbezogen werden. Dabei zeigte sich, daß die Beziehung zwischen der Druckfestigkeit und der Jahrringbreite auf dem Stammquerschnitt der Einzelstämme straff ist. Das Bestimmtheitsmaß betrug im Durchschnitt bei den aus 4,5 m Höhe entnommenen Stammscheiben 73,6 %.

Bestimmtheitsmaße über 50 % ergaben bei den auf die Einzelstämme bzw. auf die einzelnen Scheiben abgestellten Berechnungen außer der linearen Ausgleichsfunktion alle übrigen vier bei der Regressionsanalyse benutzten Funktionstypen. Die besten Ausgleiche lieferten in der Regel die

logarithmische oder die logarithmisch-quadratische Funktion.

Der Verlauf der Kurven, die die besprochene Beziehung für die Einzelstämme bzw. für die einzelnen Scheiben graphisch wiedergeben, ist dem in Abbildung 44 dargestellten im Prinzip vergleichbar. Auftretende, z.T. deutliche Niveau-Unterschiede, die im wesentlichen durch verschieden große Spätholzanteile zu erklären sind, bieten jedoch ebenfalls keine Möglichkeit, die beiden Probestämme einer Fläche zusammenzufassen.

Als wesentliche Aussage bleibt aber, daß bei dem einzelnen Stamm - insbesondere in der Querrichtung - die Druckfestigkeit in einem straffen Abhängigkeitsverhältnis zur Jahrringbreite steht. Diese Feststellung deckt sich mit dem Ergebnis einer japanischen Untersuchung, die an künstlich begründeten 52-jährigen Japanlärchen vorgenommen wurde. MIYAJIMA (1958) schreibt: "The width of annual growth ring... varies with increase in the age of the tree and clear direct relationshipsare found between the specific gravity and mechanical properties in relation to the rate of growth".

Wir können also betonen, daß die Druckfestigkeit durch waldbauliche Maßnahmen über die Jahrringbreite beeinflußt werden kann.

4. S C H N I T T H O L Z Q U A L I T Ä T

Der vorangehende Teil der Arbeit widmete sich den Festigkeitseigenschaften der japanischen Lärche. In dem nun folgenden werden die Ergebnisse mitgeteilt, welche durch Einschneiden der zwanzig Probestämme in Sägewerken gewonnen wurden.

4.1. Ziel der Schnittholzuntersuchungen

Über den Wert eines Rundholzabschnittes entscheiden insbesondere die Gütemerkmale, welche bei der Wertbestimmung des Halbfabrikates wirksam werden. Eine nähere Untersuchung derselben durch Einschneiden der Probestämme schien aus drei Gründen zweckmäßig:

1. Die Ergebnisse, welche die mechanischen Holzeigenschaften betreffen, wurden den DIN-Vorschriften entsprechend an kleinen Holzproben gewonnen, welche keine Fehler aufwiesen. Deshalb blieben weitgehend die Fehler unberücksichtigt, die für die Beurteilung des Holzes durch den Säger besonders bedeutsam sind.
2. Die auf den Wert des Halbfabrikates einwirkenden Fehler sind in ihrer Bedeutung an der Oberfläche eines Rundholzabschnittes nicht immer zu erkennen. Zum Teil sind Fehler, die beim Einschnitt zu Tage treten, am Rundholz überhaupt nicht sichtbar, zum Teil erweisen sich Gütemerkmale, die bei der Beurteilung des Rundholzabschnittes als qualitätsmindernd angesehen wurden, als unbedeutend für die Sortierung. So konnten TAFFE (1954) und LIPPEMEIER (1972) keine straffe Gesetzmäßigkeit zwischen äußerer und innerer Astigkeit feststellen.
3. Eine Wertsteigerung des Rohstoffes Holz läßt sich

am augenfälligsten durch Ausschalten der wichtigsten Holzfehler erreichen. Dazu ist aber die Kenntnis der Faktoren, welche die Gütemerkmale beeinflussen, unerläßlich.

Aus diesen Gründen wurde eine Antwort auf folgende Fragen gesucht:

- Welche Schnittholzqualität weisen die untersuchten Japanlärchen auf?
- Welche Fehlerarten treten auf, und welches Gewicht kommt ihnen im einzelnen zu?
- Ist ein Zusammenhang zwischen Standort, Schnittholzqualität und Auftreten der Gütemerkmale erkennbar und welche Maßnahmen scheinen geeignet, um wertmindernde Fehler nach Möglichkeit auszuschließen?

4.2. Methodik

Von sämtlichen zwanzig untersuchten Stämmen wurden die unteren vier Abschnitte von je 4 m Länge in Sägewerken eingeschnitten. Wegen der Entnahme von Stammscheiben sowie des 1,1 m langen Probekörpers reicht der schwächste Abschnitt jeweils bis zu einer Höhe von rund 18 m.

Alle Abschnitte wurdem in Scharfschnitt mit einer Schnittebene in nord-südlicher Richtung eingeschnitten. Die Wahl der anfallenden Sortimente wurde nach den an den Verkaufsmöglichkeiten orientierten Gesichtspunkten der Säger vorgenommen. Wert wurde aber gelegt auf die Einheitlichkeit der Einschnittsart bei dem gesamten Material.

Innen wurden je nach Abschnittsstärke unterschiedlich viele 35 mm starke Bretter, außen 24 mm starke Bretter eingeschnitten. Die Bretter wurden systematisch numeriert.

Die Sortierung erfolgte nach den einschlägigen Regeln der Tegernseer Gebräuche. Sie mußte bei den Probestämmen der verschiedenen Flächen mit oft erheblichen zeitlichen Abständen durchgeführt werden. Um eine u.U. wirksam werdende Subjektivität des Sortierers auszuschließen, wurde wie folgt verfahren: Für die brettweise Aufnahme im Sägewerk wurde ein Klarschriftbeleg entwickelt. Auf diesem waren besondere Felderreihen für die verschiedenen, bei der Sortierung von Lärchenschnittholz bedeutsamen Fehler vorgesehen. Im Sägewerk wurde für jeden am Brett sichtbaren Fehler eine 1 in dem entsprechenden Feld auf dem Beleg eingetragen.

Nachdem sämtliche Belege mit einem Klarschriftbeleg-Leser in die oben erwähnte Rechenanlage eingelesen waren, wurden die Fehler - getrennt nach den Fehlerarten- brettweise aufaddiert. Mit Hilfe eines weiteren Rechenprogramms, welches nach den Güteanforderungen der Tegernseer Gebräuche entwickelt war, wurde sodann die Güteklasse brettweise mit gleichzeitiger Angabe des (der) sortierungsentscheidenden

Fehler(s) berechnet.

Diese Art der Güteklassenbestimmung hat den unübersehbaren Nachteil, daß durch die schematische Abstellung auf die Fehleranzahl - unter Nichtbeachtung der Fehlerverteilung auf der Schnittfläche - Bretter mit einer Fehlerhäufung auf begrenztem Raum in ihrer Güteklasse zu schlecht bewertet werden. Dieser Nachteil wurde dadurch ausgeschaltet, daß bei Fehlerhäufung auf nur einem kleinen Teil der Brettoberfläche die Sortierung unter Ausschaltung des geschilderten Rechenvorganges vorgenommen wurde. Bei Stamm-Nr. 38 der Fläche Taubenberg I waren einige Kernbretter wegen auftretender Fäule nicht voll verwertbar. Die Fäule ging nicht vom Stammfuß aus, sondern war offensichtlich hervorgerufen durch eine ehemalige Verletzung der Stammoberfläche in rund 7 m Höhe bzw. durch einen Wipfelbruch in etwa 16 m Höhe. Den betreffenden Brettern wurde die Güteklasse 5 zugeschrieben.

Das der weiteren Auswertung zugrunde liegende, umfangreiche Zahlenmaterial konnte im wesentlichen mit Hilfe eines weiteren Fortran-Progamms erarbeitet werden. Berechnungen wurden dabei - getrennt nach 24-er und 35-er Brettern sowie unter Zusammenfassung der beiden Sortimente - abschnitts-, stamm- und flächenweise sowie für das Gesamtmaterial vorgenommen.

Im einzelnen wurden für die jeweils betrachteten Schnittholzmengen die durchschnittlichen Güteklassen berechnet. Dabei wurde - wie üblich - folgende Gleichung benutzt:

$$MGK = \frac{\sum_{o}^{n} n \cdot X_n}{\sum_{o}^{n} X_n} \qquad (1)$$

Die mittlere Güteklasse (MGK) errechnet sich danach als die Summe der Produkte aus den Güteklassen (n) und aus den Schnittholzmengen, die den Güteklassen zugeordnet

wurden (X_n), geteilt durch die gesamte Schnittholzmenge ($\sum_{o}^{n} X_n$). Die mittlere Güteklasse stellt somit ein mit der Menge gewogenes Mittel der Schnittholzgüteklassen dar.

Für jedes auftretende Gütemerkmal wurde der Anteil an der Sortierungsentscheidung bzw. - anders ausgedrückt - der Prozentanteil der Schnittholzmenge berechnet, für welchen der jeweilige Fehler sortierungsbestimmend war. Diesen Prozentanteil bezeichnen wir als "relative Häufigkeit des Gütemerkmals" (LÖFFLER, 1968). Gleichzeitig wurden im Zuge der Auswertung den durch die relativen Häufigkeiten der Gütemerkmale beschriebenen Teilmengen mittlere Güteklassen zugeordnet.

Die mittlere, mit der Menge gewogene Schnittholzgüteklasse soll die Qualität einer Schnittholzmenge mit Hilfe nur einer Zahl kennzeichnen. Die Teilmengen, für welche die einzelnen Gütemerkmale sortierungsentscheidend sind, und die durchschnittlichen Güteklassen, welche sich für diese Teilmengen errechnen, sollen - als Wertepaar zusammengenommen - u.a. die Bedeutung der verschiedenen Fehler beschreiben.

Beide so gewonnenen Aussagen, d.h. die Kennzeichnung einer Schnittholzmenge durch Angabe der durchschnittlichen Güteklasse und die Beschreibung der Bedeutung eines Gütemerkmals durch das erwähnte Wertepaar, können jedoch nicht voll befriedigen. So wird ein Schnittholzkäufer i.d.R. ein Sortiment, welches ausschließlich Bretter der Güteklasse 2 enthält, einem solchen vorziehen, in dem zu gleichen Teilen Bretter der Güteklasse 1 und 3 enthalten sind, obwohl nach oben beschriebener Ableitung beiden Schnittholzmengen die mittlere Güteklasse 2 zukommt.

Der Grund liegt darin, daß der Preisunterschied zwischen Brettern der Güteklasse 2 und 3 ein größerer ist als der zwischen Brettern der Güteklasse 1 und 2. Oder anders ausgedrückt: Im Vergleich zu dem Sortiment mit Brettern

der Güteklasse 2 mindern bei dem Mischsortiment die Bretter der Güteklasse 3 dessen Wert in einem größeren Maße, als durch den gleichen Anteil von Brettern der Güteklasse 1 ausgeglichen werden kann.

Das bedeutet, daß sich der Schnittholzpreis nicht verhältnisgleich oder proportional mit den Güteklassen verändert. Aus diesem Grunde kann die Kennziffer, die unter Benutzung der Zifferngüteklassen nach der Gleichung (1) abgeleitet wird, eine Schnittholzmenge in ihrer Qualität nicht eindeutig beschreiben. In die Gleichung müssen vielmehr die Preise für Schnittholz verschiedener Güteklassen eingehen.

Die Überlegung, daß die absoluten Preise für Schnittholz verschiedener Güteklasse sowohl räumlich unterschiedlich als auch zeitlichen Schwankungen unterworfen sind, läßt die Berechnung des absoluten, durchschnittlichen Wertes einer Schnittholzmenge wenig sinnvoll erscheinen. Da die Relationen zwischen den Preisen jedoch in engen Grenzen konstant sein dürften, scheint die Ableitung des durchschnittlichen Wertes einer Schnittholzmenge, angegeben in Prozent des Preises für Schnittholz der Güteklasse 0, sinnvoll. Wir nennen diese Größe den "durchschnittlichen, relativen Wert" des Schnittholzes.

Nach Auskünften erfahrener Schnittholzhändler im Raum München gelten für die verschiedenen Güteklassen bei Lärchen-Schnittholz folgende Preise in Prozent des Preises für Schnittholz der Güteklasse 0:

Güteklasse	Preis
0	100
1	90
2	80
3	65
4	50
5	30

(Der Preis für Bretter der Güteklasse 5 wurde schätzungsweise entsprechend dem mit dieser Güteklasse gekennzeich-

neten Material festlegt.)

Durch Abwandlung der Gleichung (1) erhalten wir in Gleichung (2) eine Beziehung zur Bestimmung des mittleren Wertes einer Schnittholzmenge in Prozent des Preises für Schnittholz der Güteklasse 0 (MPr):

$$MPr = \frac{\sum_{o}^{n} Pr_n \cdot X_n}{\sum_{o}^{n} X_n} \qquad (2)$$

Pr_n bedeutet darin den mittleren, relativen Wert für Schnittholz der verschiedenen Güteklassen (s.o.).

Für unser obiges Beispiel ergäbe sich für das Mischsortiment aus Brettern der Güteklasse 1 und 3:

$$MPr = \frac{90.50 + 65.50}{100} = 77{,}5\ \%$$

Das Sortiment, welches ausschließlich aus Brettern der Güteklasse 2 besteht, hätte dagegen einen durchschnittlichen, relativen Wert von 80 %. Der Schnittholzkäufer bevorzugt also mit gutem Grund das Sortiment, welches ausschließlich Bretter der Güteklasse 2 aufweist. Es ist nämlich preislich trotz gleicher mittlerer Güteklasse um gut 3 % höher zu bewerten als das Mischsortiment.

Unter Benutzung der Preisrelationen läßt sich weiterhin die Bedeutung der einzelnen Fehler für die Sortierung exakt in einer Zahl ausdrücken. Mit Hilfe der in Gleichung (3) ausgedrückten Beziehung lassen sich in Prozent die Anteile berechnen, mit welchen die einzelnen Gütemerkmale an der Entwertung des Schnittholzes beteiligt sind. Dabei wird die Entwertung - wie der durchschnittliche, relative Preis - in Prozent des Preises für Bretter der Güteklasse 0 ausgedrückt.

$$EwF = \frac{(100 - MPrF) \cdot \frac{XF}{XG}}{100 - MPrG} \cdot 100 \qquad (3)$$

In der Gleichung (3) bedeuten:

EwF:	durch den Fehler F herbeigeführte Entwertung
MPrF:	mittlerer, relativer Preis des aufgrund des Fehlers F sortierten Schnittholzes
XF:	Menge des aufgrund des Fehlers F sortierten Schnittholzes
XG:	Gesamtmenge des betrachteten Schnittholzes
MPrG:	mittlerer, relativer Preis der Schnittholzmenge XG

Drückt man XF in Prozent von XG aus, so erhält die Gleichung (3) die Form:

$$EwF = \frac{(100 - MPrF) \cdot XF}{(100 - MPrG)} \qquad (4)$$

Der Zähler des Ausdrucks gibt die Entwertung an, die durch einen einzelnen Fehler hervorgerufen wurde; der Nenner bezeichnet die Gesamtentwertung. Der Quotient ergibt den Anteil des einzelnen Fehlers an der Gesamtentwertung. Diesen Prozentanteil des einzelnen Gütemerkmals an der Gesamtentwertung nennen wir - entsprechend der Bezeichnung "relative Häufigkeit des Gütemerkmals" - im folgenden "relative Bedeutung des Gütemerkmals bzw. Fehlers".

Ein Beispiel möge den Rechengang verdeutlichen. Bei einer Schnittholzmenge X mit einem durchschnittlichen, relativen Wert von 70 % mögen Fehler I und II zu je 20 % sortierungsbestimmend gewesen sein. Der mittlere, relative Wert des aufgrund der beiden Gütemerkmale sortierten Holzes betrage bei Fehler I 50 %, bei Fehler II jedoch 90 %. Es ist augenscheinlich, daß Fehler I auf die Schnittholzmenge X "stark" entwertend wirkte, während Fehler II nur unbedeutend ins Gewicht fiel.

Mit Hilfe der Gleichung (4) ist nun eine einwandfreie Bestimmung der Bedeutung der beiden Fehler für die Qualitätsbestimmung der Schnittholzmenge X möglich. Nach dieser ergäbe sich für die beiden Fehler:

$$EwFI = \frac{(100 - 50) \cdot 20}{(100 - 70)} = \frac{50 \cdot 20}{30} = 33{,}3\ \%$$

$$EwFII = \frac{(100 - 90) \cdot 20}{(100 - 70)} = \frac{10 \cdot 20}{30} = 6{,}6\ \%$$

Die Aussage, daß beide Fehlerarten bei 20 % der Schnittholzmenge X sortierungsbestimmend waren, Fehler I aber offensichtlich bei der Qualitätsminderung stärker zu Buche schlug als Fehler II, kann nun präzisiert werden. Während Fehler I zu 33,3 % an der Entwertung beteiligt war, betrug der entsprechende Prozentsatz des Fehlers II nur 6,6 %. Die relative Bedeutung des Fehlers I betrug also 33,3 %, die des Fehlers II hingegen nur 6,6 %.

In den nachfolgenden Tabellen sind durchschnittliche Güteklassen, relative Häufigkeiten der verschiedenen Fehler und mittlere Güteklassen des aufgrund der einzelnen Fehler sortierten Schnittholzes angegeben. Daneben finden sich durchschnittliche, relative Werte des Schnittholzes (s.Gleichung (2)). Durch Angabe derselben lassen sich die Qualitätsunterschiede zwischen verschiedenen Schnittholzmengen exakt beschreiben. Außerdem geben sie ein anschauliches Bild der Wertunterschiede, welche zwischen Sortimenten guter und schlechter Qualität bestehen. Die Angabe der relativen Bedeutung der Fehler ist geeignet, das Gewicht zu beschreiben, welches den verschiedenen Fehlerarten bei der Sortierung zukommt.

4.3. Feststellungen zum Gesamtergebnis

Bei der Darstellung der Ergebnisse des Schnittholzeinschnitts wird wie folgt verfahren: Zunächst wird das Gesamtmaterial ausgewertet. Das betrifft im einzelnen die Güteklassenanteile der zwanzig Probestämme, die Variationsbreite der Schnittholzqualität sowie die auftretenden Gütemerkmale und die Qualitätsänderungen in verschiedenen Schaftteilen.

Die für das Gesamtmaterial gefundenen Werte und Gesetzmäßigkeiten sollen eine Hilfe sein bei der sich anschließenden, auf den Einzelstamm abhebenden Auswertung.

4.3.1. Schnittholzqualität des Gesamtmaterials und Art sowie Gewicht der vorkommenden Gütemerkmale

An den Einschnittsergebnissen interessiert zunächst, wie sich das angefallene Schnittholz auf die verschiedenen Güteklassen verteilt. In Abbildung 46 sind die Anteile der verschiedenen

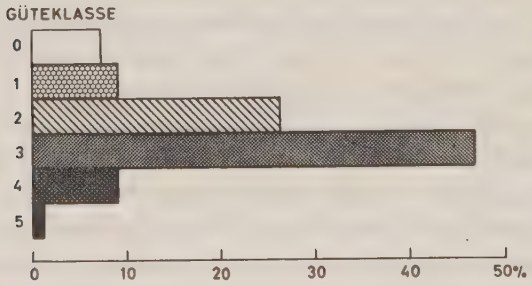

Abb. 46. Güteklassenanteile bei dem gesamten Schnittholz

Güteklassen an dem gesamten Schnittholz dargestellt.

Danach liegt der Schwerpunkt eindeutig bei der Güteklasse 3. Fast die Hälfte der Schnittware wurde dieser Güteklasse zugeordnet. 44 % gehören zu den Güteklassen 0 bis 2 und sind für anspruchsvolle Verwendungszwecke geeignet. 7,4 % der Schnittholzmenge sind fehlerfrei. Rund 10 % sind minderwertiger als Schnittholz der Güteklasse 3.

Die knapp 24 Festmeter Rundholz ergaben beim Einschneiden Schnittholz mit einer durchschnittlichen Güteklasse von 2,45. Als durchschnittlicher relativer Wert - der mit Hilfe der

zwischen Schnittholzmengen verschiedener Zifferngüteklassen bestehenden Preisrelationen berechnet wurde und den Wert einer Schnittholzmenge in Prozenten des Preises für Schnittware der Güteklasse 1 ausdrückt - ergaben sich 72,1 %.

Auf die Unterschiede in der Schnittholzqualität, die von Stamm zu Stamm beträchtlich sind, wird weiter unten eingegangen. Zunächst ist einmal von Interesse, durch welche Fehler die Entwertung der Schnittware aller Probestämme bewirkt wurde.

Nach den einschlägigen Vorschriften der Tegernseer Gebräuche sind neben der Astigkeit Harzgallen, Risse sowie das Maß der Krümmung des Schnittstückes von Einfluß auf die Sortierung. Neben Grün- und Schwarzästen, welche nach ihrem kleinsten Durchmesser in "kleine" (bis 2 cm), "mittelgroße" (2-4 cm) und"große" eingeteilt werden, treten bei der Lärche als Besonderheit Nageläste auf. Diese Nageläste sind eingewachsene, früh abgestorbene, meist bleistiftstarke Zwischenquirläste, welche sich im Längsanschnitt als lange, schwarze Nägel darstellen.

Bei den Harzgallen unterscheiden die Tegernseer Gebräuche ebenfalls "kleine" (bis o,5 cm breit und 5 cm lang), "mittlere" (nicht mehr als 1 cm breit und lo cm lang) und "große". Auch für Risse gilt eine Dreiteilung nach der Größe. "Kleine" Risse dürfen nicht länger als die Brettbreite sein und nicht durchgehen, während "mittlere" Risse durchgehen, aber nicht länger als das Eineinhalbfache der Brettbreite sein dürfen.

Bei End- und Schrägrissen wird lediglich in "klein" und "groß" unterteilt. Bei kleinen End- und Schrägrissen darf die Länge des Risses nicht größer sein als die Brettbreite. Eine Krümmung wird bei der Sortierung nur dann wirksam, wenn die 2 cm pro Laufmeter übersteigt. Das Schnittstück ist dann der Zifferngüteklasse 4 zuzurechnen.

Tabelle 14

Relative Fehlerhäufigkeiten und durchschnittliche Güteklassen an zwanzig Probestämmen

Gütemerkmal	klein	mittel	groß	gesamt	%/GK
Weißäste	1,1 1,oo	6,2 1,92	9,1 2,81	16,4 1,74	% GK
Schwarzäste	38,o 2,34	23,1 3,o6	4,1 3,o7	65,2 2,64	% GK
Nageläste	2,3 2,oo	- -	1,7 3,oo	4,0 2,43	% GK
ASTIGKEIT				85,6 2,58	% GK
Harzgallen	o,5 1,oo	1,2 1,67	o,9 2,56	2,6 2,oo	% GK
ASTIGKEIT UND HARZGALLEN				88,2 2,56	% GK

Tabelle 15

Relative Bedeutung der Gütemerkmale und durchschnittlicher, relativer Wert des durch die Gütemerkmale entwerteten Holzes

Gütemerkmal	klein	mittel	groß	gesamt	Bed./Wert
Weißäste	o,4 9o,o	4,2 8o,8	1o,5 67,7	15,3 74,1	Bedeut. Wert
Schwarzäste	35,4 74,o	29,7 63,8	5,3 63,9	70,4 69,7	Bedeut. Wert
Nageläste	1,7 8o,o	- -	2,2 65,o	3,9 73,8	Bedeut. Wert
ASTIGKEIT				89,6 7o,8	Bedeut. Wert
Harzgallen	o,2 9o,o	o,8 74,2	1,o 68,9	2,o 75,4	Bedeut. Wert
ASTIGKEIT UND HARZGALLEN				91,4 7o,9	Bedeut. Wert

Die wichtigsten beim Einschneiden der zwanzig Probestämme auftretenden Gütemerkmale erscheinen in den Tabellen 14 und 15. Tabelle 14 gibt neben der relativen Häufigkeit der verschiedenen Fehler die dazugehörige durchschnittliche Güteklasse an. Danach haben neben der Astigkeit eine bemerkenswerte Bedeutung lediglich die Harzgallen. Allein aufgrund dieser beiden Fehlergruppen wurden 88,2 % einer Güteklasse zugeordnet. Da 7,4 % des Schnittholzes den Anforderungen der Güteklasse 0 entsprachen - diesen 7,4 % also kein für die Sortierung wirksamer Fehler zugeordnet werden kann - bleibt für die in den genannten Tabellen nicht angesprochenen Fehlerarten eine relative Häufigkeit von nur 4,4 %. Von diesen entfallen allein 2,7 % auf Faulstellen, welche durch Beschädigung der Stammoberfläche bzw. Wipfelbruch hervorgerufen wurden und wegen ihres begrenzten, zufälligen Vorkommens kaum Aussagekraft besitzen.

Mittlere und große Risse sowie kleine Schrägrisse wurden zusammengenommen bei nur 1,7 % des gesamten Schnittholzes für die Sortierung wirksam. Diese Risse ließen jedoch keinen Zusammenhang mit Eigenschaften der betreffenden Baumindividuen (Drehwuchs oder dgl.) erkennen und sind im wesentlichen auf Sekundäreinwirkungen beim Fällen, Transport oder Einschnitt zurückzuführen.

Die hohe relative Häufigkeit der Äste ist nicht überraschend und bewegt sich im Rahmen der in der Literatur für unsere Nadelhölzer angegebenen Werte. So fand LIPPEMEIER (1972) an Tanne eine relative Häufigkeit des Merkmals Astigkeit zwischen etwa 50 und 84 % und VON PECHMANN (1970) an Douglasie gar eine solche von 94 %. TAFFE (1954) ermittelte an 11 Fichten-Beständen für die Astigkeit Beteiligungsprozente zwischen 82 und 91. Der hier gefundene Wert von 85,6 % für die relative Häufigkeit der Äste kann damit die Ansicht OLBERG's (1951), daß bei der europäischen und japanischen Lärche "die gewöhnliche Astbildung weit weniger wertmindernd als bei anderen Holzarten auftritt", nicht bestätigen.

Bemerkenswert ist das hohe Gewicht der Schwarzäste bei der Sortierung. Bei etwa 65 % der Schnittholzmenge gaben sie den Ausschlag für die Einordnung in eine Güteklasse. Der entsprechende Anteil der Grünäste betrug nur 16 %.

Die relative Häufigkeit der Grünäste nimmt von den kleinen über die mittleren zu den großen Grünästen hin zu. Bei den Schwarzästen ist das Gegenteil festzustellen. Während die kleinen Trockenäste mit 38 % die größte relative Häufigkeit unter den Fehlerarten aufweisen, ist der entsprechende Prozentsatz für die großen Schwarzäste vergleichsweise klein.

Nageläste und Harzgallen spielen im Vergleich zu den Weiß- und Durchfallästen bei der Sortierung eine nur bescheidene Rolle.

Tabelle 15 gibt für die wichtigsten Fehler die relative Bedeutung und die dazugehörigen, relativen Schnittholzwerte an. Das Gewicht des Fehlers Astigkeit hat sich erhöht. Während die Äste bei knapp 86 % der Schnittholzmenge sortierungsentscheidend waren, bewirken diese fast 90 % der Entwertung.

Bei der Entwertung fallen die Grünäste - im Vergleich zu dem Schnittholzanteil, für den sie sortierungsentscheidend sind - weniger stark, die Schwarzäste dagegen stärker ins Gewicht. Bei den großen Ästen und bei den mittelgroßen Schwarzästen ist die relative Bedeutung größer als die in Tabelle 14 angegebene Fehlerhäufigkeit. Für die kleinen Äste und für die mittleren Grünäste trifft das Gegenteil zu.

Abbildung 47 veranschaulicht das Gewicht der verschiedenen Gütemerkmale graphisch. Aus ihr läßt sich ablesen, wie sich sämtliche mit einem bestimmten Fehler behafteten Schnittstücke auf die verschiedenen Güteklassen verteilt hätten, wenn ausschließlich aufgrund des betreffenden Gütemerkmals sortiert worden wäre. Es erweist sich, daß vorkommende Weißäste bei etwa einem Drittel der betroffenen Schnittstücke unerheblich waren, und daß - unbeschadet der übrigen Gütemerkmale - aufgrund der Weißäste nur knapp 15 % des

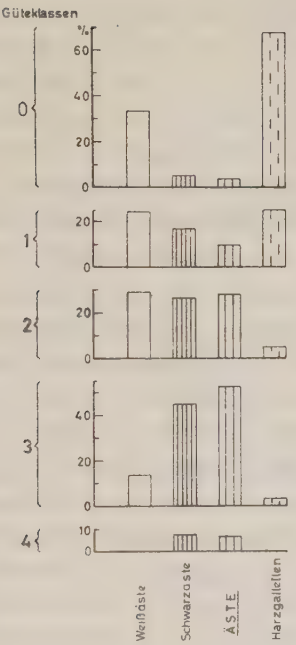

Abb. 47. Isolierte Betrachtung der wichtigsten Gütemerkmale (Erläuterungen im Text)

weißastdurchsetzten Schnittholzes in Güteklasse 3 sortiert worden wären. Bei den Schwarzästen liegt hingegen der Schwerpunkt eindeutig bei der Güteklasse 3. Unter den betrachteten Gütemerkmalen waren sie sogar das einzige, aufgrund dessen Bretter der Güteklasse 4 zugeordnet wurden.

Dagegen hebt sich die Harmlosigkeit der vorkommenden Harzgallen deutlich ab. Bei fast 70 % des mit Harzgallen behafteten Schnittholzes hätten sie ohne das Vorhandensein anderer Fehler keine Wertminderung bewirkt. Nur etwa 3 % der Bretter mit Harzgallen wären wegen dieser in Güteklasse 3 sortiert worden.

4.3.2. Schnittholzqualität und Gütemerkmale in verschiedenen Schaftteilen

Wie bereits erwähnt, wurden bei den Abschnitten aus dem Kernbereich soweit wie möglich 35 mm starke, im übrigen aber 24 mm starke Bretter eingeschnitten. Beide Sortimente wurden bei den Auswertungen getrennt behandelt. Ein Vergleich der Güteklassenanteile der beiden verschiedenen Brettarten erscheint sinnvoll bei dem Gesamtmaterial und bei abschnittsweiser Betrachtung.

Knapp 63 % der 24-er Bretter fallen in die Güteklassen 0 - 2, während bei den 35-er Brettern der entsprechende Anteil besserer Schnittware mit etwa 35 % nur gut halb so groß ist. Die 24-er Bretter weisen eine durchschnittliche Güteklasse von 1,86 auf. Bei den 35-er Brettern liegt diese mit 2,72 um fast eine Güteklasse schlechter. Oder anders ausgedrückt: Während den 24-er Brettern etwa ein durchschnittlicher relativer Wert von 80 % zukommt, liegt der entsprechende Prozentsatz für die 35-er Bretter bei nur etwa 69 %.

Diese Feststellungen überraschen nicht, da die 24 mm starken Bretter fast ausnahmslos in den äußeren Teilen der Stämme anfielen. Nur bei einigen schwachen Probestämmen wurden auch die inneren Schaftteile bei den obersten Abschnitten zu 24 mm starker Schnittware eingeschnitten. Bei dem Ergebnis ist aber zu bedenken, daß erfahrungsgemäß Holzfehler beim Einschnitt in Sortimente schwächerer Brettdicke stärker wirksam werden (LÖFFLER, 1968). Die beschriebene Einschnittsart hat demnach zur Folge, daß die Seitenware und die höheren Schaftteile bei der Sortierung einer schärferen Bewertung unterworfen waren. Der Qualitätsunterschied zwischen den Schaftteilen, welche in 24-er bzw. 35-er Bretter eingeschnitten wurden, ist also größer als der durch die angegebenen Werte ausgedrückte.

Bei abschnittsweiser Betrachtung der beiden Sortimente ist zu beachten, daß mit steigender Abschnittshöhe der Anteil der schwächeren Schnittstücke zunimmt (somit also bei der Sortierung eine schärfere Bewertung erfolgt), und daß zudem allgemein mit steigender Höhe im Stamm eine Abnahme der Schnittholzqualität zu erwarten ist. So ist denn auch der Unterschied zwischen den relativen Werten der 24 mm und 35 mm starken Ware im untersten Abschnitt - absolut genommen - mit 16 % am größten und nimmt mit steigender Höhe im Schaft über 12 % und 7 % bis auf 3 % ab.

Das besagt, daß die äußeren Bretter in allen Stammhöhen zwar die bessere Qualität aufweisen, daß der Wertunterschied

im untersten Abschnitt jedoch besonders groß ist. Er übersteigt den im vierten Abschnitt auftretenden Qualitätsunterschied zwischen äußeren und inneren Brettern um mehr als das Fünffache.

Betrachtet man die relative Bedeutung der Gütemerkmale getrennt nach den beiden Brettsortimenten, so fällt auf, daß die Grünäste bei den 24-er Brettern mit einer relativen Bedeutung von knapp 9 % nur halb so stark entwertend wirken wie bei dem stärkeren Sortiment. Die Schwarzäste besitzen hingegen mit fast 85 % bei den schwächeren Brettern eine um etwa 20 % größere relative Bedeutung als bei der 35 mm starken Schnittware. Darin bestätigt sich die Regel, daß das Gewicht des Grünastes mit der Entfernung vom Mark und zum Stammfuß hin ab-, die des Schwarzastes hingegen zunimmt.

Tabelle 16 gibt die relative Häufigkeit der wichtigsten Gütemerkmale sowie die durchschnittliche Güteklasse des Schnittholzes in Abhängigkeit von der Höhe im Stamm an.

Tabelle 16

Relative Häufigkeit der Gütemerkmale und durchschnittliche Schnittholzgüteklassen in verschiedenen Abschnitten

Abschnitt-Nr. Entnahmehöhe	mittlere Güteklasse	fehlerfrei %	Mengenanteile an der Sortierungsentscheidung in %				
			Weißäste	Schwarzäste	Äste	Harzgallen	Sonstiges
4 14,1-18,1 m	2,77	2,4	26,5	58,o	88,o	-	9,6
3 1o,o-14,o m	2,53	4,o	29,3	62,4	93,5	1,o	1,5
2 5,8- 9,8 m	2,53	6,9	14,7	66,7	88,3	1,9	4,9
1 o,5- 4,5 m	2,17	12,5	4,3	69,1	78,5	5,1	3,9

Es spiegeln sich im wesentlichen die gleichen Tendenzen wieder, die LÖFFLER (1968) für Tanne nachwies. Die Qualität des Schnittholzes nimmt mit steigender Höhe im Schaft ab. In allen Stammhöhen ist die Astigkeit erwartungsgemäß das für die Sortierung wichtigste Merkmal. Einer beträchtlichen Zunahme der relativen Häufigkeit der Weißäste mit steigender Höhe im Stamm steht eine verhältnismäßig geringe Abnahme bei den Schwarzästen gegenüber. Beides bewirkt, daß Schwarzastigkeit bei allen vier Abschnitten den mit Abstand am häufigsten auftretenden Fehler darstellt.

LÖFFLER (1968) und LIPPEMEIER (1971) fanden bei Tanne eine wesentlich größere relative Häufigkeit der Weißäste. Ab 14 m Höhe war diese sogar deutlich größer als bei den Schwarzästen. In dem Bloch, welcher nach der Höhe unserem vierten Abschnitt entspricht, war die relative Häufigkeit der Weißäste bei Tanne etwa doppelt so groß wie bei den untersuchten Lärchen.

Berücksichtigt man, daß LÖFFLER (1968) zur Herleitung der angegebenen Ergebnisse ausschließlich Stämme der Stärkeklassen 5 und 6 der Heilbronner Sortierung heranzog, so wird der Unterschied zu den an Lärche gefundenen Werten um so erstaunlicher. Eine Erklärung kann sein, daß die Lebensdauer der Tannenäste die der Lärchenäste in vergleichbaren Stammhöhen übertrifft. Mit anderen Worten: Bei den untersuchten Japanlärchen schob sich der Kronenansatz schneller nach oben oder war das Kronenprozent geringer als bei den von LÖFFLER herangezogenen Tannen.

Die Bedeutung der Harzgallen nimmt nach Abbildung 102 bei den untersuchten Probestämmen vom Stammfuß in Richtung Wipfel ab.

Abbildung 48 veranschaulicht die Güteklassenanteile in Abschnitten verschiedener Höhe. Der Anteil an Brettern der Güteklasse 4 ist in allen Abschnitten fast gleich. Der Anteil an besserer Schnittware, zu welcher die Güteklassen 0 bis einschließlich 2 gerechnet werden, nimmt mit der Höhe zugunsten

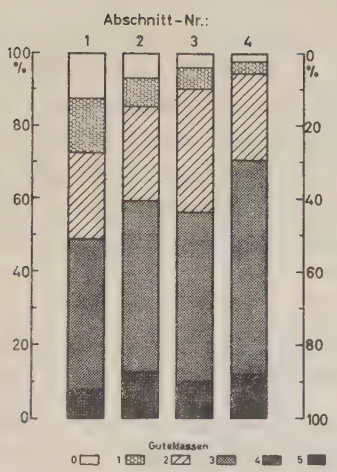

Abb. 48. Güteklassenanteile in verschiedenen Abschnitten

eines Anwachsens der Güteklasse 3 ab. Innerhalb der Güteklasse 0 bis 2 verändert sich der Prozentsatz für Bretter der Güteklasse 2 nicht erkennbar mit der Höhe. Schnittware der Güteklasse 0 und 1 nimmt jedoch mengenmäßig mit steigender Höhe im Stamm ab.

4.4. Schnittholzqualität der einzelnen Stämme und der verschiedenen Bestände

In Abschnitt 4.3. wurde die Schnittholzqualität, welche die zwanzig eingeschnittenen Probestämme durchschnittlich aufweisen, bereits behandelt. Bei der nun folgenden eingehenderen Betrachtung der Einschnittsergebnisse steht der einzelne Stamm im Vordergrund. Dabei interessiert zunächst, wie groß die Unterschiede in der Schnittholzgüte der verschiedenen Stämme sind. Sodann wird zu untersuchen sein, worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind und ob sich ein Einfluß des Standortes und der waldbaulichen Behandlung der Bestände auf die Schnittholzqualität erkennen läßt.

4.4.1. Unterschiede in der Schnittholzqualität der verschiedenen Stämme

In Tabelle 17 sind die Prozentanteile der verschiedenen Güteklassen für die einzelnen Probestämme und für das Gesamtmaterial angegeben. In Tabelle 18 wurden die besseren Bretter der Güteklassen 0 bis 2 und die geringwertigen Bretter der Güteklassen 3 bis 5 zusammengefaßt. Zudem sind dort die Rundholzinhalte der eingeschnittenen Abschnitte sowie die durchschnittlichen Güteklassen und relativen Schnittholzwerte stammweise und für das Gesamtmaterial angegeben.

Tabelle 17

Güteklassenanteile: stammweise und für das gesamte Schnittholz

Herkunft	St.-Nr.:	Alter Jahre	Güteklassen in %					
			0	1	2	3	4	5
Baindt	2	70	17,6	12,2	22,4	47,8	-	-
	10		15,8	10,2	30,1	43,9	-	-
Tauben-	12	72	-	1,2	9,7	39,5	49,6	-
berg I	38		1,5	3,4	4,4	56,7	19,6	14,4
Tauben-	4	74	1,6	2,3	3,6	70,7	21,9	-
berg II	13		-	-	5,1	53,8	41,1	-
Günz-	7	72	12,4	7,2	15,1	62,2	3,0	-
burg	14		17,4	9,6	24,2	45,0	3,8	-
Bergheim	16	72	3,4	5,5	37,9	50,2	3,0	-
	17	70	2,0	4,6	35,1	58,4	-	-
Krumbach	11	67	18,7	11,0	45,9	24,4	-	-
	20		7,9	17,6	22,7	51,8	-	-
Landshut	1	73	10,5	26,1	38,8	24,6	-	-
	19		2,6	4,4	44,2	48,8	-	-
Liebenzell	3	75	13,8	11,5	22,8	51,9	-	-
	8		10,0	12,2	34,6	43,2	-	-
Ochsen-	5	70	9,5	33,5	30,4	26,7	-	-
hausen I	9		11,8	28,0	40,6	19,6	-	-
Ochsen-	6	60	-	14,4	58,1	27,4	-	-
hausen II	15		2,2	5,6	55,6	36,6	-	-
Fl. 01 - 10			7,4	9,1	26,4	46,9	9,1	1,1

Es wurde schon erwähnt, daß die Unterschiede der mittleren Güteklasse von Stamm zu Stamm beträchtlich sind. Während St.-Nr. 12 des Bestandes Taubenberg I eine mittlere Güteklasse von 3,38 aufweist, kommt St.-Nr. 9 der Fläche Ochsenhausen I immerhin eine solche von 1,68 zu. Bei ersterem macht der Anteil der besseren Bretter nur knapp 11, bei letzteren rund 80 % aus.

Der cbm-Preis für das Schnittholz des besten Stammes beträgt rund 140 % des Preises, welcher für die aus dem schlechtesten Stamm erzeugte Schnittware erwartet werden darf.

Tabelle 18

Rohholz-, Schnittholzinhalt, Anteile an Güteklasse 0 bis 2 bzw. 3 bis 5, durchschnittliche Güteklassen, durchschnittliche relative Schnittholzwerte

Herkunft	St.-Nr.:	Roh-holz fm	Schn.-holz fm	Güteklassen in % 0,1,2	3,4,5	Güte-klasse	Rel.-Wert
Baindt	2	o,82	o,58	52,2	47,8	2,o1	77,6
	1o	1,o5	o,75	56,1	43,9	2,o2	77,6
Tauben-berg I	12	1,54	1,o1	1o,9	89,1	3,38	59,3
	38	2,oo	1,29	23,7	76,3	3,33	59,o
Tauben-berg II	4	1,35	o,9o	7,4	92,6	3,o9	63,4
	13	1,58	1,o6	5,1	94,9	3,36	59,6
Günzburg	7	1,71	1,25	34,8	65,2	2,36	73,o
	14	1,57	1,o8	51,2	48,8	2,o8	76,6
Bergheim	16	1,43	1,o5	46,8	53,2	2,44	72,8
	17	1,53	1,o7	41,6	58,4	2,5o	72,1
Krumbach	11	1,13	o,82	75,6	24,4	1,76	81,2
	20	1,oo	o,74	48,2	51,8	2,19	75,6
Landshut	1	o,59	o,41	75,4	24,6	1,78	81,o
	19	1,oo	o,73	51,2	48,8	2,39	73,6
Liebenzell	3	o,95	o,68	48,1	51,9	2,13	76,1
	8	o,94	o,62	56,8	43,2	2,11	76,7
Ochsen-hausen I	5	o,78	o,51	73,3	26,7	1,74	81,3
	9	o,83	o,58	80,4	19,6	1,68	82,2
Ochsen-hausen II	6	o,83	o,49	72,6	27,4	2,13	77,3
	15	1,29	o,81	63,4	36,6	2,27	75,5
Fl.- o1 -10		23,86	16,4o	44,o	56,o	2,45	72,1

Eine rechnerische Zusammenfassung der Stämme einer Probefläche verbietet sich, da die Stammzahl (2!) je Fläche zu gering ist und zudem die Probestämme nicht nach dem Zufallsprinzip ausgewählt wurden.

Dennoch lassen sich auch bei einer Betrachtungsweise, welche den Einzelstamm in den Vordergrund stellt, Unterschiede von Fläche zu Fläche erkennen. Dieses wird erleichtert durch den Umstand, daß die beiden Stamm-Mittelwerte für die Güteklassen bei den Flächen in der Regel verhältnismäßig eng zusammen liegen. Lediglich bei den Flächen Krumbach und Landshut weichen die durchschnittlichen Güteklassen der beiden Probestämme auffallend voneinander ab.

Entsprechend dem äußeren Erscheinungsbild der Bestände liefern die Probestämme von den Waldorten Taubenberg I und II das in seiner Qualität am wenigsten befriedigende Schnitt-

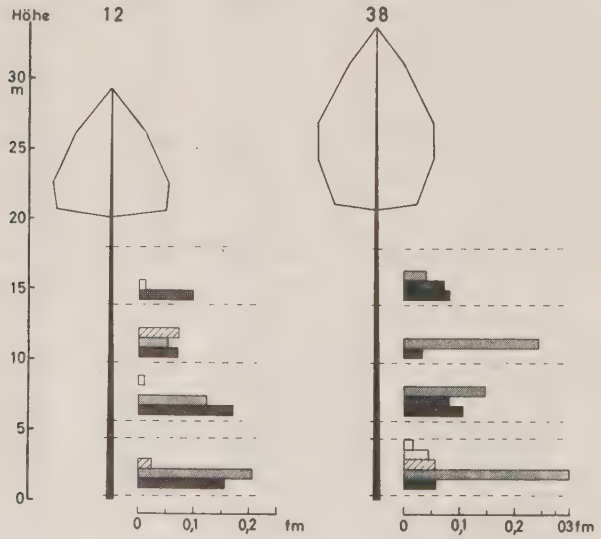

Abb. 49. Mengenanteile von Brettern verschiedener Güteklassen, getrennt nach Höhenabschnitten für zwei Lärchen der Fläche Taubenberg I

holz mit einer durchschnittlichen Güteklasse von etwa 3,3. Am anderen Ende der Skala stehen die Probestämme der Fläche Ochsenhausen I. Das aus ihnen gewonnene Schnittholz hat eine durchschnittliche Güteklasse von rund 1,7 und weist damit hervorragende Qualität auf. Da der Bestand Ochsenhausen I bis auf 8 m Höhe geastet wurde, kann dieses Ergebnis nicht überraschen.

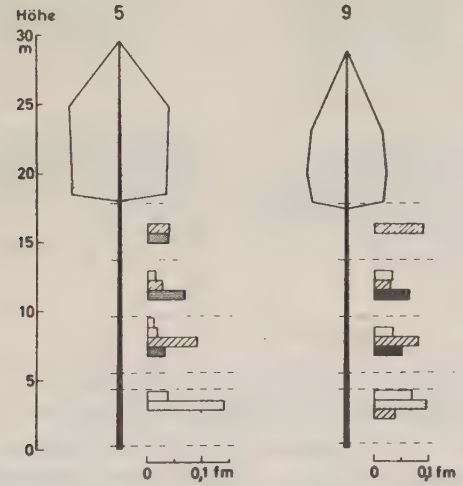

Abb. 50. Mengenanteile von Brettern verschiedener Güteklasse, getrennt nach Höhenabschnitten für zwei Lärchen aus der geasteten Fläche Ochsenhausen I

Die Abbildungen 49 und 50 vermitteln einen Eindruck von der Verteilung der Brettgüteklassen auf Stämme und Stammabschnitte der Bestände Taubenberg I und Ochsenhausen I.

In den Abbildungen 51 und 52 sind für dieselben Stämme alle beim Einschnitt angefallenen Bretter eingezeichnet. Für jedes

Brett ist die Güteklasse angegeben. Die geringwertigen Bretter sind mit Hilfe einer Schraffur hervorgehoben. Gleichzeitig ist durch ein besonderes Zeichen das Gütemerkmal herausgestellt, welches bei der Sortierung des betreffenden Brettes bestimmend war. Im einzelnen bedeuten die Symbole:

o	kleiner	Grünast
○	mittlerer	
□	großer	
•	kleiner	Schwarzast
●	mittlerer	
■	großer	
ı	kleine	Harzgallen
┬	mittlere	
┌	Faulstellen	
n	kleiner	Nagelast
N	großer	

Bei St.-Nr. 38 des Bestandes Taubenberg I macht die Güteklasse 3 den weitaus überwiegenden Anteil vom angefallenen Schnittholz aus. Lediglich der unterste Abschnitt enthält ganz außen einige Bretter besserer Qualität. Am untersten Abschnitt bilden sich also erst jetzt, da der Stamm schon einen Brusthöhendurchmesser von 52,2 cm aufweist, fehlerfreie Zuwachsmäntel. Bei den höheren Abschnitten sind auch die äußeren Bretter aufgrund der starken Astigkeit noch von geringer Qualität.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei dem aus dem gleichen Bestand entnommenen Stamm (St.-Nr. 12). Hier tritt die Güteklasse 4 sogar noch häufiger auf. Bei beiden Stämmen weisen die mittelgroßen Durchfalläste die größte relative Bedeutung auf.

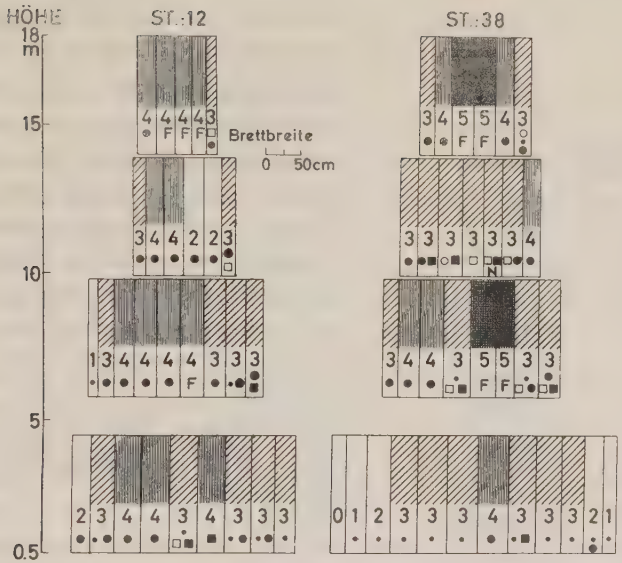

Abb. 51. Brettgüteklassen und sortierungsentscheidende Fehler bei zwei Lärchen der Fläche Taubenberg I

Das Einschnittsergebnis der beiden Probestämme aus der Fläche Taubenberg II ist nach der durchschnittlichen Güteklasse und dem durchschnittlichen relativen Wert etwas günstiger. Der Anteil besserer Bretter (7,4 bzw. 5,1 %) ist aber noch geringer als bei den Stämmen der Fläche Taubenberg I. Wiederum besitzen die mittelgroßen Schwarzäste eine überdurchschnittlich große relative Häufigkeit. Fehlerfreie Ware ist bei den Erdstammstücken noch nicht angefallen.

Ganz anders stellen sich die Lärchen Nr. 5 und 9 des Bestandes Ochsenhausen I dar. Aufgrund des verhaltenen Stärkenwachstums liegen ihre Brusthöhendurchmesser bei nur rund 30 cm.

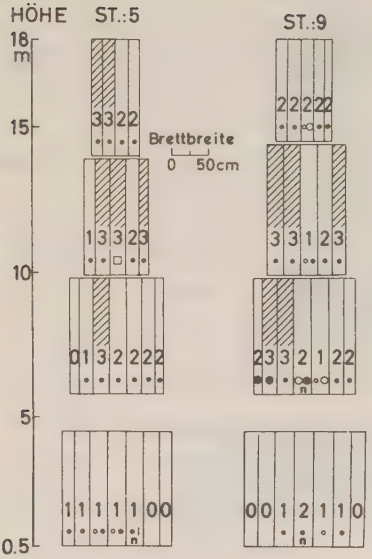

Abb. 52. Brettgüteklassen und sortierungsentscheidende Fehler bei zwei Lärchen der Fläche Ochsenhausen I

Der unterste Abschnitt liefert bei beiden Stämmen ausschließlich Bretter besserer Qualität. Ein bemerkenswerter Anteil gehört zur Brettgüteklasse 0 - eine deutliche Folge der Astung. Aber bei genauerem Hinsehen zeigt sich, daß die hervorragende Schnittholzqualität nicht allein der Astung zu verdanken ist. Vielmehr ist der Anteil der besseren Bretter auch bei den höheren Abschnitten groß.

Aufschlußreich ist eine Betrachtung der Gütemerkmale, welche bei der Sortierung der einzelnen Bretter bestimmend waren. Während das Schnittholz der Stämme aus den Waldorten Taubenberg I und II fast ausschließlich aufgrund mittlerer und großer Schwarz- und Grünäste sortiert wurde, spielen bei den Stämmen der Fläche Ochsenhausen I mittlere und große Äste kaum eine Rolle. Hier treten beinahe ausnahmslos kleine Schwarzäste als sortierungsentscheidendes Merkmal auf. Nicht die Astung allein, sondern auch die beachtliche Feinastigkeit der Probestämme aus dem Bestand Ochsenhausen I bewirkt also deren hohe Schnittholzqualität.

Die mittleren Güteklassen der Probestämme aus den übrigen untersuchten Beständen liegen zwischen den extremen Werten, welche sich für die sehr schlechten Taubenberger Stämme auf

der einen und für die geasteten Stämme der Fläche Ochsenhausen I auf der anderen Seite ergaben.

Nach Tabelle 18 weisen die Probestämme des Bestandes Bergheim eine - gemessen am Mittel des gesamten Schnittholzes - durchschnittliche Güteklasse von knapp 2,5 auf. Ordnet man die zehn Bestände jedoch nach abnehmender Schnittholzqualität, so erscheint Bergheim an drittletzter Stelle. Der Anteil von Schnittholz besserer Qualität ist aber mit über 40 % befriedigend. An den unteren Abschnitten ist bereits fehlerfreies Holz zugewachsen.

Der in seiner Wuchsleistung hervorragende Bestand Günzburg (Mittelhöhe 6,9 m über I Bonität!) liegt in einer nach der Schnittholzgüteklasse aufgestellten Rangskala etwa im Mittelfeld. Bei St.-Nr. 14 treten vereinzelt Harzgallen auf. Bei St.-Nr. 7 weisen diese mit ca. 10 % eine bemerkenswerte relative Häufigkeit auf und haben mit 12 % relativer Bedeutung ein beachtliches Gewicht. Dadurch erklärt sich auch die unterschiedliche Schnittholzqualität der beiden Günzburger Probestämme.

Im Vergleich zu den Probestämmen der Flächen Taubenberg I und II läßt sich bei den Stämmen der Bestände Günzburg und Bergheim eine größere relative Häufigkeit der Grünäste (zwischen 11 und 33 %) und kleinen Trockenäste (zwischen 21 und 48 %) sowie eine kleinere, aber doch hohe relative Häufigkeit der mittleren Trockenäste (zwischen 18 und 28 %) erkennen.

Da die Astreinigung als "mäßig" angesprochen wurde, überrascht bei den Probestämmen des erst 60-jährigen Bestandes Ochsenhausen II das verhältnismäßig gute Einschnittsergebnis, welches im Durchschnitt einen Anteil besserer Bretter von über 65 % ausweist. Der Grund ist darin zu sehen, daß bei den beiden Stämmen die Grünäste mit 42 bzw. 32 % eine sehr große relative Häufigkeit besitzen und daß bei den Schwarzästen in der Hauptsache kleine und keine großen vorkommen.

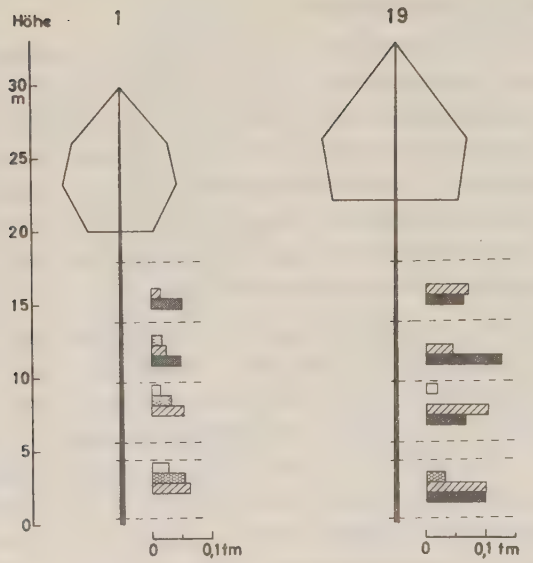

Abb. 53. Mengenanteile von Brettern verschiedener Güteklasse, getrennt nach Höhenabschnitten für zwei Lärchen aus der Fläche Landshut

Grünäste bewirken aber im Vergleich zu mittleren und großen Trockenästen eine geringere Entwertung.

Der ausgewogene Jahrringbau der Stämme und der vergleichsweise hohe Überschirmungsgrad des Bestandes Liebenzell hätten ein besseres Einschnittsergebnis, als in den Tabellen 17 und 18 ausgewiesen ist, erwarten lassen. Schnittware, welche für anspruchsvollere Verwendungszwecke geeignet erscheint, ist bei den Liebenzeller Stämmen nur zu gut 50 % vertreten. Dies ist umso erstaunlicher, als in diesem Fall - wie bei den Stämmen der Fläche Ochsenhausen I - große Trockenäste als sortierungsentscheidendes Merkmal nicht vorkommen. Bei den unteren beiden Abschnitten liefern die äußeren Bretter zwar

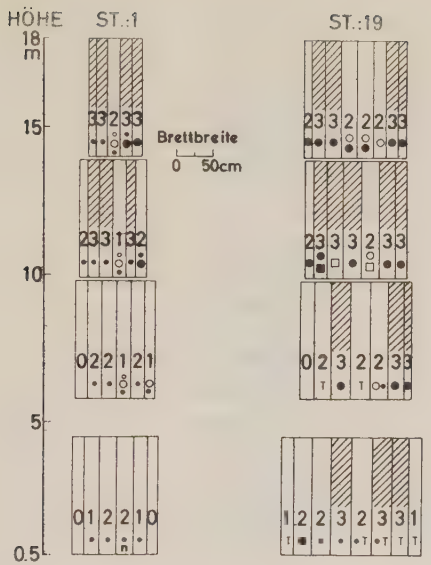

Abb. 54. Brettgüteklassen und sortierungsentscheidende Fehler bei zwei Lärchen der Fläche Landshut

schon einen beachtlichen Anteil fehlerfreier Schnittware, aber die Hauptmenge der Bretter wird doch durch kleine Trockenäste entwertet und muß aufgrund der Häufigkeit derselben der Güteklasse 3 zugerechnet werden.

Ein ähnliches Bild bietet sich bei näherer Betrachtung der Stämme der Fläche Baindt. Auch hier bewirkten die kleinen Trockenäste bei den unteren beiden Abschnitten bei etwa der Hälfte des angefallenen Schnittholzes eine Einstufung in die Güteklasse 3. Aus diesem Grunde ist der Gesamtanteil an "besserer Schnittware" mit etwa 55 % geringer, als man nach dem äußeren Erscheinungsbild der Schäfte hätte erwarten können.

Die vier Probestämme der beiden Flächen Krumbach und Landshut sind in den Abbildungen 53 bis 56 dargestellt.

Die Schnittholzqualität der Landshuter Probestämme ist erwartungsgemäß gut. Die Schäfte weisen verhältnismäßig geringe Brusthöhendurchmesser auf, sind aber sehr schlank gebaut. Die beiden unteren Abschnitte des Stammes 1 liefern ausschließlich Bretter besserer Qualität. Mittlere Durchfalläste spielen in den beiden oberen Abschnitten keine nennenswerte Rolle.

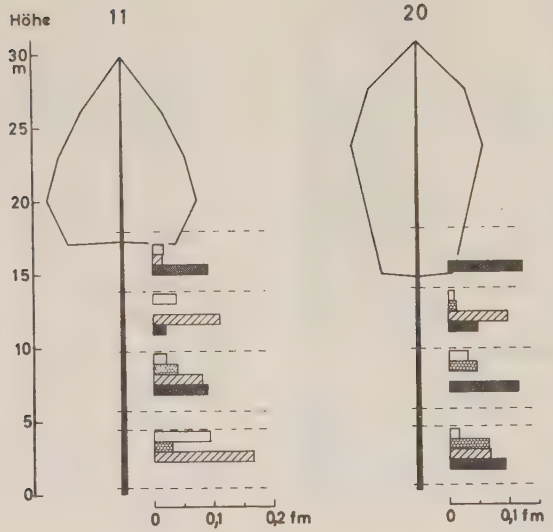

Abb. 55. Mengenanteile von Brettern verschiedener Güteklasse, getrennt nach Höhenabschnitten für zwei Lärchen aus der Fläche Krumbach

An dem Jahrringbau und an der Höhenentwicklung (s.Abb.24) konnte abgelesen werden, daß Stamm 19 während der Bestandsentwicklung einen größeren Standraum zur Verfügung hatte als Stamm 1. Dies schlägt sich in einem stärkeren Auftreten der mittleren Schwarzäste beim Stamm 19 nieder.

Wenn man die sehr tief angesetzten Kronen und die Lichtwuchsstellung des Bestandes Krumbach bedenkt, so überrascht das weit überdurchschnittlich gute Einschnittsergebnis, welches in den Tabellen 17 und 18 sowie in den Abbildungen 55 und 56 deutlich wird. Die Schnittholzqualität ist derjenigen, welche bei den beiden Landshuter Probestämmen festgestellt wurde, vergleichbar. Mittlere und große Äste treten in den beiden

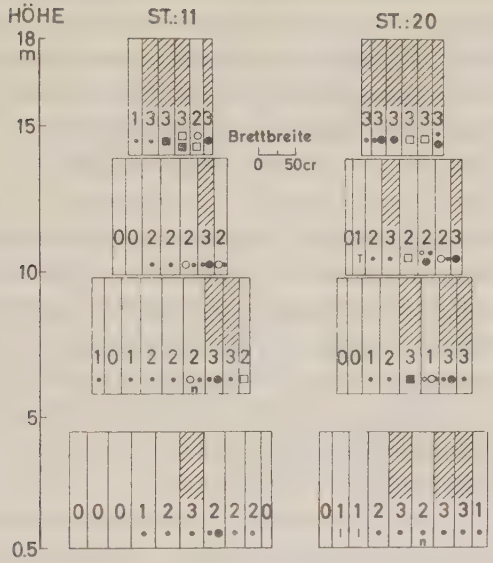

Abb. 56. Brettgüteklassen und sortierungsentscheidende Fehler bei zwei Lärchen der Fläche Krumbach

unteren Abschnitten kaum als sortierungsbestimmendes Gütemerkmal auf. Erst in den höheren Abschnitten gewinnt die Stärke der Äste an Bedeutung für die Sortierung.

Darin zeigt sich, daß die beiden Probestämme der Fläche Krumbach in ihren unteren Schaftteilen bemerkenswert feinastig sind, und daß erst ab einer Höhe von etwa 14 m starke Grünäste eine Bedeutung für die Sortierung erlangen. Zudem fällt die geringe relative Häufigkeit der mittleren Durchfalläste auf.

4.4.2. Einflüsse von Standort und waldbaulichen Maßnahmen

Man muß annehmen, daß sowohl der Standort als auch die waldbaulichen Maßnahmen einen Einfluß ausüben auf die Astigkeit

und andere wichtige Gütemerkmale, die ihrerseits die Schnittholzqualität beeinflussen. Die verschiedenen Einflußfaktoren können sich dabei in ihren Wirkungen gegenseitig verstärken oder teilweise oder ganz aufheben. Die Möglichkeit, eine erkennbare Wirkung eindeutig und ausschließlich nur einem Einflußfaktor zuordnen zu können, besteht nur in Ausnahmefällen.

Aufgrund der Schwierigkeiten, welche eine Abgrenzung der Wirkungen der verschiedenen Einflußfaktoren auf die Holzqualität bereitet, und aufgrund der Vorbehalte, welche im Zusammenhang mit der Anlage des Versuchs schon am Beginn der Arbeit angemeldet werden mußten, scheint es mehr als schwierig, die Einflüsse von Standort und waldbaulichen Maßnahmen auf die Schnittholzqualität bei den vorliegenden Einschnittsergebnissen nachzuweisen.

Die Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich der Wuchsgang der einzelnen Bestandsmitglieder durch Standortswahl und gezielte waldbauliche Maßnahmen beeinflussen läßt, sind jedoch bekannt. Daher scheint der Versuch sinnvoll und erfolgversprechend, durch Betrachtung des Wuchsganges der zwanzig Probestämme- so wie er sich in den Stammanalysen widerspiegelt - und der beim Einschnitt gemachten Beobachtungen die Art des Zusammenhanges zwischen Holzqualität einerseits und Standort sowie waldbaulichen Maßnahmen andererseits zu erhellen. Als nützlich erweist sich dabei ein Rückblick auf Tabelle 2, in der einige Kennziffern der zwanzig Probestämme angegeben sind (s.S. 21).

Die vier Probestämme der Flächen Taubenberg I und II sind in der Jugend sehr weitringig erwachsen und abholzig. Die aufgrund der Leistungsfähigkeit des Standorts mögliche, ungestüme Jugendentwicklung wurde offensichtlich nicht durch waldbauliche Maßnahmen (enge Begründung, nur mäßige Durchforstung) gebremst. Die geringen Schlankheitsgrade der Schäfte lassen auf geringen Seitendruck während der Bestandsentwicklung schließen. Lückiger Bestandsaufbau und noch erkennbare

Wipfelbrüche weisen auf Schadeinwirkungen durch Schnee oder Duftanhang hin. Die windexponierte Kammlage mag zur grobastigen Ausbildung der Kronen beigetragen haben.

Die ursprüngliche Grobästigkeit und die völlig unbefriedigende Astreinigung schlagen sich bei den beiden Taubenberger Beständen in einer hohen relativen Häufigkeit der mittleren und großen Schwarzäste, insbesondere aber der mittleren Schwarzäste nieder, wodurch die geringe Schnittholzqualität bewirkt wird.

Die Möglichkeit, auf Standorten höchster Leistungsfähigkeit Schnittholz befriedigender Qualität produzieren zu können, machen die Einschnittsergebnisse der Günzburger Probestämme deutlich. Ihre Jugendentwicklung scheint zwar - wie die ebenfalls weiten, inneren Jahrringe zeigen - ähnlich verlaufen zu sein wie bei den Taubenberger Stämmen. Die höheren Schlankheitsgrade der Schäfte und die enorme Höhenentwicklung weisen jedoch auf stärkeren Seitendruck während der Bestandsentwicklung hin. Da die Lärchen in eine lückige Buchen-Naturverjüngung eingebracht wurden, war von Anfang an eine die Astreinigung fördernde Ummantelung der Lärchenschäfte gegeben.

Dem im Vergleich zu den Günzburger Stämmen plumperen Bau der Probestämme der Fläche Bergheim, welcher auf geringeren Schluß während des Bestandslebens schließen läßt, entspricht eine geringere Schnittholzqualität.

Das Einschnittsergebnis der Probestämme aus der Fläche Ochsenhausen II mit der hohen relativen Häufigkeit der Grünäste kommt durch das vergleichsweise geringe Alter zustande. Da noch keine fehlerfreien Holzmäntel zuwachsen und zudem die vom zweiten Abschnitt an nach oben hin verstärkt auftretenden mittelgroßen Grünäste später als mittelgroße Schwarzäste wirksam werden, scheint das Ergebnis des Einschnittes als etwas zu schmeichelhaft für den Bestand. Durch einseitige Bevorzugung der Japanlärche und intensive Kronenpflege ist

der Bau der Lärchenschäfte verhältnismäßig plump und die Astreinigung mäßig geblieben.

Die Probestämme der übrigen untersuchten Bestände erwiesen sich beim Einschnitt sämtlich als feinastig.

Baindt bietet ein Beispiel, wie man auf einem mineralkräftigen, frischen, tiefgründigen Standort das der japanischen Lärche allgemein nachgesagte geile Jugendwachstum durch enge Erziehung abbremsen kann, ohne dabei eine ausgewogene Kronenentwicklung zu vereiteln. Trotz Unterbau treten jedoch kleine Trockenäste als Fehler auch in den unteren Abschnitten in so großer Zahl auf, daß aufgrund dieser ein wesentlicher Anteil des Schnittholzes der Güteklasse 3 zugeordnet werden muß.

Die gleiche Erscheinung tritt bei den Stämmen des Bestandes Liebenzell zu Tage, welcher nach Höhenbonität und Stammwuchsbildern eine für den wenig nährstoffreichen Standort beachtliche Wuchskraft besitzt. Auch hier fällt die Entwertung durch kleine Trockenäste wegen der Häufigkeit ihres Auftretens empfindlich ins Gewicht.

Bei den übrigen Flächen Landshut, Krumbach und Ochsenhausen I ist neben der Stärke der Trockenäste auch deren Zahl und damit die durch sie bewirkte Entwertung gering.

Die Feinastigkeit der japanischen Lärchen, welche dem Bestand Landshut entnommen wurden, ist sicherlich mit der engen Bestandserziehung zu erklären.

Bei den Krumbacher Lärchen hat sich offensichtlich der ausnehmend enge Pflanzverband positiv auf die innere Astigkeit ausgewirkt. Der Beginn stärkerer Eingriffe erst nach erfolgtem Unterbau sowie die Unterbauung selbst taten ihr übriges.

Der schlanke Bau der Schäfte sowie das nicht so üppig erscheinende Jugendwachstum der Probestämme der Fläche Ochsenhausen I lassen auf eine enge Erziehung schließen, wodurch die Feinastigkeit verständlich wird. Die Astung bis auf 8 m Höhe hat die Schnittholzqualität der unteren

beiden Abschnitte wesentlich erhöht und dazu beigetragen, daß die beiden Probestämme der Fläche Ochsenhausen I das beste Schnittholz der insgesamt zwanzig untersuchten Stämme lieferten.

5. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die ersten Anbauten von Larix leptolepis erfolgten um die Jahrhundertwende, und die an diesen gesammelten Erfahrungen blieben zunächst stark widersprüchlich (SCHENCK, 1939). Heute sind jedoch unsere Kenntnisse über die Japanlärche so weit gediehen, daß sich Fehlschläge beim Anbau dieser Holzart durch eine Beschränkung auf geeignete Standorte und eine zweckmäßige waldbauliche Behandlung mit Sicherheit vermeiden lassen. Weitgehend geklärt erscheint auch der Wachstumsgang. Der von MAYR (1907) vorausgesagte frühzeitige Rückgang im Höhenwuchs hat sich bisher nicht bestätigt (SCHOBER, 1953).

Über die Holzqualität der japanischen Lärche liegen bisher aber nur wenige Untersuchungen an noch ziemlich jungem Material vor (GABER, 1942; VON PECHMANN, 1955). Es ist daher verständlich, wenn beispielsweise ZIMMERLE (1949) die Japanlärche trotz überzeugender Wuchsleistung so lange nicht als vollwertigen Ersatz für die europäische Lärche ansehen will, bis "die Holzuntersuchung bei der Japanerin nicht eine der europäischen Lärche ganz ähnliche Holzgüte, wenigstens bei älterem Holz, nachzuweisen vermag".

Heute sind die ältesten Japanlärchen in Süddeutschland über 70 Jahre alt und weisen z.T. Brusthöhendurchmesser über 50 cm und Schaftinhalte auf, die 2 fm übersteigen. Es war deshalb zu erwarten, daß Untersuchungen über die Festigkeiten und die Schnittholzqualität an diesem nun erheblich älteren Material zuverlässigeren Aufschluß über einige für die Verwertung wesentliche Eigenschaften dieser Holzart geben.

Das Untersuchungsmaterial bildeten zwanzig Probestämme von zehn verschiedenen Anbauorten, die räumlich weit verstreut lagen. Geologie und Boden - und damit die Leistungsfähigkeit -

der bearbeiteten Standorte sind entsprechend unterschiedlich. Das Alter der Probestämme schwankt zwischen 60 und 75 Jahren, konzentriert sich aber im wesentlichen auf Werte um 70. Nach Möglichkeit wurden Bestände mit unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung ausgewählt.

Schon die arithmetischen Mittelwerte der Festigkeitseigenschaften, die in gleicher Weise wie die Angaben früherer Autoren (GABER, 1942; VON PECHMANN, 1955) aus den Werten der Einzelproben errechnet wurden, zeigen eine erhebliche Abweichung von den von GABER an jüngeren Probebäumen aus Baden ermittelten Durchschnittswerten. Letztere liegen durchwegs wesentlich niedriger, während die aus bayerischen Anbaugebieten bekannten Werte (VON PECHMANN, 1955) mit unseren Ergebnissen ziemlich gut übereinstimmen.

Zur Beurteilung der Festigkeitswerte ist auch der Vergleich mit anderen Nadelbaumarten von Interesse. In der Tabelle 19 sind deshalb die Durchschnittswerte der Festigkeiten der rund 70-jährigen Japanlärchen den von KOLLMANN (1951) veröffentlichten Werten für europäische Lärche, Kiefer, Fichte und Tanne - die jedoch sicherlich von älteren Probebäumen entnommen wurden - gegenübergestellt. Dabei sind hier die Werte für die japanische Lärche aus den Stamm-Mittelwerten gebildet. Dadurch gehen die Festigkeiten der einzelnen Probestämme unabhängig von ihren Dimensionen - bzw. unabhängig von der Zahl der aus den Stämmen herausgearbeiteten Festigkeitsproben - in die Durchschnittswerte ein.

Es zeigt sich, daß die rund 70-jährigen Japanlärchen im Durchschnitt durchaus befriedigende Festigkeiten aufweisen. Ihr Holz steht dem der europäischen Lärche in der Druckfestigkeit (548 kp/cm^2) nicht nach, obwohl ihre mittlere Rohdichte (0,530 g/cm^3) nicht den hohen Wert erreicht, den KOLLMANN für die europäische Lärche angibt. Die durchschnittliche Zugfestigkeit (1153 kp/cm^2) und Biegefestigkeit (1247 kp/cm^2) der hier untersuchten Japanlärchen

Tabelle 19

Rohdichte- und Festigkeitsmittelwerte der untersuchten Japanlärchen und der Europäer Lärche, der Kiefer, Fichte und Tanne nach KOLLMANN (1951) bei u = 12 %

Eigenschaft	Maßeinheit	Reinhardt 1972 Jap.Lä	Kollmann, 1951			
			Europ. Lä	Kiefer	Fichte	Tanne
Rohdichte	g/cm^3	0,530	0.585	0,520	0,460	0,445
Druckfestigkeit	kp/cm^2	548	550	550	500	470
Zugfestigkeit	kp/cm^2	1153	1070	1040	900	840
Biegefestigkeit	kp/cm^2	1247	990	1000	780	730
E-Modul	kp/cm^2	123175	138000	120000	110000	110000
Bruchschlagarbeit	kpm/cm^2	0,522	0,60	0,40	0,46	0,42

übersteigt dagegen deutlich die von KOLLMANN für die europäische Lärche angegebenen Werte. Die mittlere Schlagbiegefestigkeit der Japanlärchen ist mit 0,522 kp/cm^2 noch günstig, liegt allerdings beträchtlich unter dem Wert der Europäer Lärche. Das gleiche gilt in abgeschwächter Form für den mittleren E-Modul der hier geprüften Stämme (123 175 kp/cm^2).

Die mittleren, rohdichtebezogenen Festigkeitswerte sind bei dem hier untersuchten Material günstig. Im Durchschnitt beträgt die Statische Gütezahl 10,2 km, die Dynamische Kennzahl 1,76 km und für die Reißlänge ergeben sich 23,3 km.

Aus Tabelle 19 geht hervor, daß die mittlere Druckfestigkeit des Japanlärchenholzes erheblich über den von KOLLMANN

veröffentlichten Werten für Tanne und Fichte liegt und etwa dem der Kiefer entspricht. Hinsichtlich der übrigen Festigkeitseigenschaften ist die japanische Lärche nicht nur den Nadelholzarten Tanne und Fichte deutlich überlegen, sondern übertrifft auch die Kiefer.

Eine Betrachtung der Stamm-Mittelwerte zeigte, daß die Stämme einer Fläche bei ähnlichem äußeren Habitus und vergleichbarer soziologischer Stellung z.T. in den Festigkeitseigenschaften sehr unterschiedlich sind. Eine Aufhellung der Zusammenhänge zwischen Festigkeitseigenschaften auf der einen, Standort und waldbaulicher Behandlung auf der anderen Seite war deshalb mit Hilfe der erarbeiteten Stamm-Mittelwerte kaum möglich.

Der Rahmen, innerhalb dessen die durchschnittliche Festigkeit der zwanzig Probestämme schwankt, ist unerwartet weit. Die Stämme mit den besten Festigkeitswerten, die im Forstamt Liebenzell im Nordschwarzwald auf Buntsandstein stocken, stehen in der Druck- und Zugfestigkeit normalem Buchenholz nicht nach. Ihr Holz ist zwar nicht so elastisch wie das der Buche, übertrifft aber deren von KOLLMANN für die Biegefestigkeit angegebenen Mittelwert um rund 30 % und weist eine durchschnittliche Schlagbiegefestigkeit auf, die der von Eschenholz entspricht. Die Stämme der Fläche Taubenberg I - einem sehr wüchsigen Bestand auf dem Kamm eines Molassehügels in Oberbayern - haben dagegen für Lärche völlig unbefriedigende Festigkeitswerte. Sie weisen zwar eine noch beachtliche mittlere Biegefestigkeit auf, ihre Druckfestigkeit, Zugfestigkeit, Bruchschlagarbeit und ihr E-Modul sind im Durchschnitt aber geringer als bei dem Holz der Tanne.

Sieht man von den Probestämmen der Taubenberger Molassestandorte ab, so läßt sich feststellen, daß das aus 16 Japanlärchen von acht verschiedenen Anbauorten entnommene Probenmaterial im Durchschnitt gute, bei einzelnen Stämmen sogar hervorragende Festigkeitseigenschaften aufweist.

Innerhalb des Schaftes variieren die Festigkeiten in der Querrichtung sehr stark, in der Längsrichtung dagegen nur schwach und uneinheitlich.

Auf dem Stammquerschnitt nehmen die Festigkeitswerte erwartungsgemäß vom weitringigen marknahen Bereich bis zur Kern-Splint-Grenze zu. Im Splintbereich ist bei der Druckfestigkeit ein deutlicher Abfall erkennbar. Es wäre denkbar, daß bei diesem Absinken der Druckfestigkeit im Splint schon ein altersbedingtes Unterschreiten der optimalen Jahrringbreite wirksam wird. Da dies bei den hier bearbeiteten Japanlärchen in der Regel nicht der Fall ist, sind die Unterschiede in der Festigkeit, die zwischen den äußeren Kernzonen und dem Splintholz auftreten, im wesentlichen auf die Verkernung zurückzuführen.

Über deren Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften ließ sich nach diesen Überlegungen folgendes ableiten: Die Druckfestigkeit wird deutlich - und zwar in einem ähnlichen Maß wie die Rohdichte - durch die Einlagerung von Kernstoffen erhöht. Die gleiche Tendenz zeigt sich - wenn auch in einem wesentlich geringeren Ausmaß - bei der Biegefestigkeit und beim E-Modul. Dagegen scheinen Bruchschlagarbeit und Zugfestigkeit durch die Verkernung nicht beeinflußt zu werden.

Durch die Verkernung wird also offenbar eine Versteifung gegen Durckbeanspruchung bewirkt. Vermutlich wird durch die eingelagerten Kernsubstanzen ein Ausknicken der Holzfasern bei Druckbelastung längs zur Faser erschwert.

Bei stark exzentrischen Stammscheiben weist der Sektor mit dem größten Radius deutlich geringere Festigkeitswerte auf. Mikroskopische Untersuchungen wiesen nach, daß auf der stärker entwickelten Baumseite Druckholz gebildet wird. Dieses war bei den hier bearbeiteten Japanlärchen makroskopisch nur in seltenen Fällen zu erkennen und zudem nicht abgrenzbar.

Obwohl aus diesem Grunde eine Quantifizierung des Einflusses von Reaktionsholz auf die Festigkeitseigenschaften nicht möglich war, ließen sich an dem Gesamtmaterial einige Tendenzen ablesen. Die Druckfestigkeit ist in den sehr breitringigen druckholzhaltigen Stammteilen sowohl absolut als auch rohdichtebezogen geringer als im Normalholz vergleichbarer Stammteile. Das gleiche gilt in ähnlichem Ausmaß für die Biegefestigkeit. Noch ausgeprägter ist der Abfall der Zugfestigkeit und des E-Modul auf der weitringigen Baumseite. Besonders ungünstig wirkt sich exzentrischer Wuchs auf die dynamische Festigkeit aus. Es muß also betont werden, daß die Festigkeitseigenschaften durch exzentrischen Wuchs auf der weitringigen, druckholzhaltigen Baumseite sehr nachteilig beeinflußt werden.

Bei der Europäer Lärche sinkt die Rohdichte vom Stammfuß zum Kronenbereich hin stetig ab (JANKA, 1913; SCHÖNBACH, 1938; TRENDELENBURG und MAYER-WEGELIN, 1955). Eine gleichsinnige Tendenz wurde bei dieser Holzart für die Druckfestigkeit festgestellt, während die Statische Gütezahl bei der Europäer Lärche i.d.R. vom Stammfuß her zunächst ansteigt, zur Krone hin dann aber wieder abnimmt (JANKA, 1913; SCHÖNBACH, 1938).
Von vier Japanlärchen, deren Druckfestigkeit über die ganze Stammlänge bis zu einer Höhe von rund 18 m untersucht wurde, zeigte nur ein Probestamm aus dem mäßig durchforsteten Landshuter Bestand eine ähnliche Tendenz. Bei den drei übrigen Stämmen schwankten Rohdichte, Druckfestigkeit und Statische Gütezahl uneinheitlich. Dagegen nimmt bei allen vier bis auf rund 18 m Höhe untersuchten Japanlärchen die Streuung der Druckfestigeit in der Querrichtung des Schaftes von unten nach oben deutlich ab.

Bei dem erwähnten Landshuter Probestamm wurden die für die einzelnen Scheiben berechneten Regressionslinien der Beziehung Druckfestigkeit - Rohdichte verglichen. Die von WANDT

(1937) aufgrund von Untersuchungen an Fichte und Kiefer geäußerte Mutmaßung, daß sich das Abhängigkeitsverhältnis zwischen diesen beiden Größen mit der Höhe im Stamm verändert, konnte für die Japanlärchen nicht bestätigt werden.

Im übrigen brachten die Regressionsanalysen folgende Ergebnisse: Bei dem Gesamtmaterial ist die Beziehung Druckfestigkeit - Rohdichte mit einem Bestimmtheitsmaß bis 86,5 % straff. Der lineare, logarithmische und logarithmisch-quadratische Ausgleich erwiesen sich als gleichwertig.

Zwischen den Linien, die die Beziehung Druckfestigkeit - Rohdichte für die einzelnen Probestämme darstellen, bestehen Niveau-Unterschiede bis zu rund 60 kp/cm^2. Auch die Steigungsmaße dieser Linien sind nicht einheitlich. Auf die Fläche bezogene Aussagen lassen sich aber daraus nicht ableiten.

Bei den Regressionsanalysen für die Beziehungen Biegefestigkeit - Rohdichte und E-Modul-Rohdichte ergaben sich bei dem Probenmaterial von zwanzig Japanlärchen Bestimmtheitsmaße von 71,6 bzw. 50,7 %. Bei beiden Beziehungen erwiesen sich der lineare und der logarithmische Ausgleich als gleichwertig.

Das Abhängigkeitsverhältnis Schlagbiegefestigkeit - Rohdichte bzw. Zugfestigkeit - Rohdichte ist nicht straff. Nur rund 36 % der Beobachtungswerte konnten durch die berechneten Ausgleichslinien erklärt werden.

Bei den hier bearbeiteten Japanlärchen ist die Rohdichte somit für die Druckfestigkeit ein sehr guter, für die Biegefestigkeit ein guter, für den E-Modul aber nur ein zweifelhafter Weiser (Bestimmtheitsmaße: rund 86, 72 bzw. 50 %). Dagegen kann man von der Rohdichte auf die Zugfestigkeit und Bruchschlagarbeit kaum schließen. Dies hat seinen Grund darin, daß sich auf die Zug- und Schlagbiegefestigkeit schon geringe Unregelmäßigkeiten im Holz (z.B. Abweichungen im Faserverlauf) wesentlich stärker als auf die übrigen

Festigkeiten auswirken.

Da durch die Verkernung die Druckfestigkeit unabhängig von der Jahrringbreite erhöht wird, wurde die Beziehung Druckfestigkeit - Jahrringbreite getrennt nach Kern- und Splintproben untersucht. Für sämtliche Kernproben ergab sich ein Bestimmtheitsmaß von rund 56 %. Als Ausgleichslinie erwies sich die logarithmische als am geeignetsten. Die Druckfestigkeit nimmt im Kern mit steigender Jahrringbreite zunächst sehr stark und dann schwächer ab.

Der Spätholzanteil - und damit die Rohdichte und die Druckfestigkeit - sind von Stamm zu Stamm und auch innerhalb eines Stammes bei vergleichbaren Jahrringbreiten unterschiedlich. Aus diesem Grunde konnten bei den Regressionsanalysen, mit denen die Beziehung Druckfestigkeit - Jahrringbreite an den einzelnen Stämmen bzw. an Stammscheiben aus 4,5 m Höhe untersucht wurde, im Durchschnitt höhere Bestimmtheitsmaße als bei den gesamten Kernproben errechnet werden. Bei den auf die Einzelstämme abgestellten Regressionsanalysen betrugen die Bestimmtheitsmaße für die Beziehung Druckfestigkeit - Jahrringbreite im Mittel aller Probestämme knapp 67 %. Als Durchschnitt der Bestimmtheitsmaße der gleichen Beziehung ergaben sich dagegen bei den aus 4,5 m Höhe entnommenen Stammscheiben fast 74 %. Daraus läßt sich folgern, daß die Druckfestigkeit im Einzelstamm in einem straffen Abhängigkeitsverhältnis zur Jahrringbreite steht und daher vom Waldbauer durch Maßnahmen, die sich auf das Stärkenwachstum auswirken, beeinflußt werden kann.

In die Schnittholzuntersuchungen wurden die untersten vier 4 m langen Abschnitte aller zwanzig Probestämme einbezogen. Alle Stämme wurden im Scharfschnitt eingeschnitten. Sämtliche auf der Oberfläche der Schnittstücke sichtbaren Fehler wurden brettweise aufgenommen. Die Sortierung richtete sich nach den Vorschriften der Tegernseer Gebräuche.

Zur Ergänzung der aus der Literatur bekannten Begriffe "mittlere oder durchschnittliche Güteklasse" und "relative Häufigkeit der Gütemerkmale" wurden die Begriffe "durchschnittlicher relativer Wert" und "relative Bedeutung der Gütemerkmale" eingeführt.

Mit der mittleren Güteklasse, die ein mit der Menge gewogenes Mittel der Schnittholzgüteklassen darstellt, wird die Qualität einer Schnittholzmenge gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung ist jedoch nicht eindeutig, da sich der Schnittholzpreis nicht verhältnisgleich mit den Güteklassen verändert. Bei der Berechnung des durchschnittlichen relativen Wertes einer Schnittholzmenge wurde dieser Umstand berücksichtigt, indem die Zifferngüteklassen in Prozenten des Preises für Schnittholz der Güteklasse 0 ausgedrückt wurden. Der durchschnittliche relative Wert ist damit eine Kennzahl, die den mittleren Wert einer Schnittholzmenge in Prozenten des Preises für Schnittholz der Güteklasse 0 eindeutig beschreibt.

Die relative Häufigkeit eines Gütemerkmals gibt den Prozentanteil der Schnittholzmenge an, für die der betreffende Fehler sortierungsbestimmend war, sagt aber isoliert betrachtet wenig über das wahre Gewicht eines Fehlers aus. Die relative Bedeutung eines Gütemerkmals, die wie der durchschnittliche relative Wert mit Hilfe der zwischen Schnittholzsortimenten verschiedener Güteklasse bestehenden Preisrelationen berechnet wurde, drückt aus, mit wieviel Prozent ein Fehler zur Entwertung einer Schnittholzmenge beitrug. Dadurch wird das Gewicht der verschiedenen Fehler für die Qualitätsbestimmung einer Schnittholzmenge exakt in einer Zahl ausgedrückt.

Für das Gesamtmaterial errechnete sich eine mittlere Güteklasse von 2,45. Der Anteil der für anspruchsvolle Verwendungszwecke geeigneten Bretter (Güteklasse 0 bis 2) betrug 44 %.

LÖFFLER (1968) und LIPPEMEIER (1972) ermittelten an Tanne

eine durchschnittliche Güteklasse von 2,69 bzw. 2,22. VON PECHMANN (1970) fand bei ähnlichen Untersuchungen an Douglasien für die besseren Schnittstücke der Güteklassen 0 bis II einen Anteil von 30 bis 38 %. Bei 81- bis 105-jährigen Fichtenbeständen, über deren Schnittholzqualität TAFFE (1954) berichtete, betrug der entsprechende Anteil 59 %. Die Verteilung des bei den zwanzig Japanlärchen angefallenen Schnittholzes auf die einzelnen Güteklassen ist damit im Durchschnitt ähnlich wie bei Tanne, etwas besser als bei den von VON PECHMANN untersuchten Douglasien, aber nicht so günstig wie bei durchschnittlichen Fichtenbeständen.

Fehlerfreies Schnittholz fiel bei den rund 70-jährigen Japanlärchen naturgemäß vor allem in den erdnahen Stammstücken an. Die Schnittholzqualität nimmt dementsprechend mit der Höhe im Schaft ab.

In allen Fällen erwies sich die Astigkeit als der bei weitem vorherrschende Fehler. Sie war für knapp 86 % der gesamten Schnittholzmenge sortierungsbestimmend und bewirkte fast neun Zehntel der Entwertung. Die relative Bedeutung der Grünäste ist mit 15,3 % wesentlich geringer als die der Schwarzäste (70,4 %). Bei den Grünästen wirkten sich vor allem die großen und mittelgroßen aus. Von den Schwarzästen waren dagegen für die Sortierung besonders die kleinen und mittelgroßen von Bedeutung.

Die Zwischenquirläste, die eine Besonderheit der Lärche darstellen, sind als Nageläste nur bei 4 % der Schnittholzmenge sortierungsbestimmend. Dazu muß jedoch angemerkt werden, daß Zwischenquirläste als Nageläste nur dann angesprochen wurden, wenn sie in der Längsrichtung angeschnitten waren. In den äußeren Schnittstücken werden sie dagegen als Durchfalläste wirksam. Die relative Häufigkeit der Nageläste kennzeichnet daher den Einfluß der Zwischenqirläste bei der Schnittholzsortierung nur unvollkommen. Ihr Einfluß ist größer als

der in dem genannten Prozentsatz zum Ausdruck kommende.

Die Unterschiede in der mittleren Schnittholzgüteklasse zwischen Probestämmen verschiedener Flächen sind beträchtlich. Für die grobastigen Taubenberger Probestämme errechneten sich mittlere Güteklassen zwischen 3,09 und 3,38, während diese bei den bis auf 8 m Höhe geasteten Lärchen des Bestandes Ochsenhausen I rund 1,7 betrug.

Die wertmäßige Differenzierung ist jedoch überraschend gering. Der Grund ist u.a. darin zu sehen, daß die Probestämme unabhängig von ihrer Qualität und ihren Dimensionen einheitlich im Scharfschnitt eingeschnitten wurden. Zum einen sollten damit die im Stamminnern auftretenden Holzfehler bei allen Stämmen in ähnlicher Weise erfaßt werden. Zum anderen war es bei den meisten Stämmen aufgrund ihrer Abmessungen noch nicht möglich, hochwertige Schnittholzsortimente - z.B. Rifts mit stehenden Jahrringen - auszuformen.

Bei der Douglasie ist nachgewiesen, daß sich der Schnittholzwert durch eine Spezialisierung auf besondere Verwendungszwecke (Erzeugung von Rohhoblern, Decksplanken, Schäl- und Messerfurnieren) unter Anwendung verschiedener Einschnittsarten beträchtlich steigern läßt (MAISENBACHER, 1964). Bei der Japanlärche sind ähnliche Verwendungszwecke unter der Voraussetzung denkbar, daß wertholztaugliche Rundholzstücke ausreichender Stärke anfallen. Man kann daher feststellen, daß sich bei den hier eingeschnittenen Probestämmen eine wesentlich deutlichere Wertabstufung ergeben hätte, wenn man die Lärchen in stärkere Dimensionen hätte einwachsen lassen, und wenn unter Ausnutzung verschiedener Einschnittsmöglichkeiten eine optimale Wertausbeute angestrebt worden wäre.

Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich einige Schlußfolgerungen für die Wertholzerziehung ableiten.

Bei der Beurteilung der Frage, ob ein Rundholzabschnitt

wertholztauglich ist, kommt eine entscheidende Bedeutung der Astigkeit zu (VON PECHMANN, 1951). Nach Angaben aus dem Schrifttum ist eine deutliche Einwirkung des Pflanzverbandes auf den Gang der natürlichen Astreinigung erwiesen (SCHOBER, 1953). Außerdem ist belegt, daß sehr rasches Wachstum bei der Japanlärche leichtes Holz geringer Festigkeit liefert (VON PECHMANN, 1955).

Auch aus den hier erarbeiteten Untersuchungsergebnissen lassen sich diese Tendenzen eindeutig ablesen. Die brettweisen Fehleranalysen ergaben aber, daß auch bei enger Begründung, zurückhaltenden Durchforstungseingriffen in der Jugend und Buchenunterbau im Alter 30 - 35 (s. Krumbach) bis zum Alter von rund 70 Jahren erst in geringem Ausmaß astfreie Holzmäntel zuwachsen. Das gleiche scheint zuzutreffen, wenn günstige Bedingungen für die natürliche Astreinigung durch eine frühzeitige Ummantelung der Schäfte der Japanlärche durch vorausverjüngte Buchen gegeben sind (s. Günzburg).

Wie bei der Douglasie, die nach vorliegenden Untersuchungen eine wesentlich höhere Wertleistung erbringt, wenn aufgrund künstlicher Astung mindestens 15 - 20 cm starke, astfreie Holzmäntel zugewachsen sind (LÖFFLER, 1966), ist auch bei der Japanlärche eine befriedigende Wertholzausbeute ohne künstliche Astung nicht erreichbar. Die natürliche Astreinigung vollzieht sich bei Larix leptolepis im Hinblick auf die Wertholzerziehung auch unter günstigen Bedingungen zu langsam.

Um den astdurchsetzten inneren Stammkegel möglichst gering zu halten, sollte bei einem Brusthöhendurchmesser von etwa 10 cm eine Handastung vorgenommen werden, der zu gegebenem Zeitpunkt eine maschinelle Astung bis zu einer Astungshöhe von mindestens 8 - 10 m folgt. Aus den Stammanalysen (s. Abb. 22 - 25) läßt sich unschwer ablesen, daß die Rentabilität jeder Astungsmaßnahme in entscheidendem Maße durch den Wuchsgang der Lärchen in der Jugend bestimmt wird.

Die Astung kann umso früher beginnen und - bei vergleichbarem Brusthöhendurchmesser - bis zu einer umso größeren Höhe ausgeführt werden, je schlanker die Lärchenschäfte in der Jugend erwachsen.

Hinzu kommt, daß mit Abholzigkeit in der Regel Grobastigkeit verbunden ist. Dadurch wird zum einen die Handastung erschwert. Zum anderen erhöht sich aber auch die Überwallungsdauer wesentlich, da diese überproportional mit der Größe der zu überwallenden Fläche ansteigt (MAYER-WEGELIN, 1936).

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen scheint dem Schlankheitsgrad eine besondere Bedeutung für die Beurteilung der Holzqualität zuzukommen. Es deutet sich insbesondere ein Zusammenhang zwischen diesem und der inneren Astigkeit an. Auf eine Darstellung desselben wurde jedoch aufgrund der geringen Stammzahl verzichtet. Es darf aber darauf hingewiesen werden, daß nach unseren Beobachtungen der am liegenden Stamm ermittelte Schlankheitsgrad nicht ohne Vorbehalt als Kriterium für die Holzqualität ausreicht, da seine Aussagekraft überdeckt werden kann. Dieses ist insbesondere dann zu erwarten, wenn ein Bestand eng begründet und später stark aufgelichtet oder aber in einem weiten Verband gepflanzt und später im Dichtschluß gehalten wurde - in Fällen also, in denen sich der Schlankheitsgrad im Laufe des Baumlebens deutlich veränderte. Der Schlankheitsgrad der Schäfte im Stangenortalter besitzt unter diesen Umständen vermutlich die größere Aussagekraft.

Im Zusammenhang mit der Breite des Zuwachsmantels, der astfrei sein sollte, stellt sich auch die Frage nach dem Mindestdurchmesser. Eine überschlägige Rechnung ergibt, daß die Stämme - wenn der astreine Holzmantel 15 - 20 cm breit werden soll - auch bei frühzeitiger Astung mindestens einen Brusthöhendurchmesser von ca. 45 cm aufweisen müssen. Bei verspäteter Kronenpflege, der zufolge die Jahrring-

breiten stark absinken (s. Landshut), scheint es kaum möglich zu sein, diesen Mindestdurchmesser in vertretbaren Umtriebszeiten zu erreichen.

Stärkere Exzentrizität schließt bei der Europäer Lärche eine Verwendung als Wertholz aus (SCHWAIGER, 1960). KNIGGE (1958) ging der Bedeutung der Reaktionsholzbildung nach und betont, daß diese für alle Verwendungen des Holzes in seinem gewachsenen Gefüge ein "ganz entscheidender Fehler" ist. Die hier gewonnenen Untersuchungsergebnisse bestätigen diese Feststellungen für die japanische Lärche. Bei exzentrischem Wuchs bildet Larix leptolepis auf der weitringigen Seite Holz geringer Festigkeit.

Daß bei den untersuchten Japanlärchen Exzentrizität besonders ausgeprägt bei starken Stämmen auftrat, scheint nach Veröffentlichungen anderer Autoren nicht zufällig zu sein. MÜLLER (1958) beobachtete an Fichten, daß bei steigendem Mitteldurchmesser der Bestände auch die Exzentrizität der Baumquerflächen zunimmt. SCHOBER (1949) weist darauf hin, daß bei der europäischen Lärche eine allzu rasche Jugendentwicklung exzentrisches Wachstum fördert. Auch aus diesem Grund müssen enge Begründung und dichter Schluß in der Jugendphase angebracht erscheinen.

Exzentrischem Wuchs kann entgegengewirkt werden, indem schon frühzeitig auf einen symmetrischen Kronenaufbau der einzelnen Bestandsglieder hingearbeitet wird (LEIBUNDGUT, 1966). Es bedarf keiner Erwähnung, daß dieses bei einer größeren Ausgangsstammzahl leichter möglich ist. Es muß aber angemerkt werden, daß aus artspezifischen Gründen bei der Japanlärche mit besonderen Ausfällen gerechnet werden muß. Als häufigste Ursachen seien genannt: Hallimaschbefall, Fraß der Erd- und Rötelmaus, Verfegen durch den Rehbock und Schnee (insbesondere Naßschnee). Zudem sind in normal ausgeformten jüngeren Japanlärchen-Beständen häufig einzelne Bestands-

glieder zu beobachten, die - vermutlich genetisch bedingt - schlechte Stammformen aufweisen und daher entnommen werden sollten. Will man eine exzentrischen Wuchs fördernde, einseitige Kronenausbildung verhindern, so sprechen auch diese Gesichtspunkte für eine enge Begründung.

Bei einer Wertung der vorliegenden Ergebnisse der Festigkeits- und Schnittholzuntersuchungen können damit folgende Empfehlungen für die waldbauliche Behandlung der japanischen Lärche besonders betont werden:

1. Oberstes Pflegeziel muß die Erziehung möglichst harmonisch aufgebauter Schäfte sein. Eine enge Begründung schafft hierfür wesentliche Voraussetzungen. Der von SCHOBER (1953) empfohlene Verband von 1,5 x 1,5 m erscheint zweckmäßig.
2. In der Jugendphase ist bei Eingriffen möglichst zurückhaltend vorzugehen. Diese sollten sich auf die Entnahme schlecht geformter Stämme im Zuge der Säuberung beschränken bzw. auf die Verhinderung einseitiger Kronenausbildung abzielen.
3. Für die Erzeugung von mindestens 15 cm breiten astreinen Holzmänteln ist eine frühzeitig einsetzende künstliche Astung unbedingte Voraussetzung.
4. Als Mindest-Brusthöhendurchmesser für die Wertholzerziehung müssen ca. 45 cm angesehen werden. Sobald die Astung bis auf eine Höhe von 8 - 10 m abgeschlossen ist, empfiehlt sich daher eine intensive Kronenpflege zur langfristigen Förderung des Stärkenwachstums.
5. Das Anstreben höchster Massenleistung in kurzen Umtriebszeiten ist offensichtlich nicht die einzig rentable Möglichkeit der Bewirtschaftung der Japanlärche. Die Holzeigenschaften von Larix leptolepis, die denen der Europäer Lärche bei geeigneter Erziehung nicht nachzustehen brauchen, und ihre Wuchsleistung, welche im Alter 70 noch nicht

nachzulassen scheint, berechtigen vielmehr zu der Annahme, daß die Japanlärche bei entsprechenden Umtriebszeiten zu einer ähnlich hohen Wertleistung wie Larix decidua in der Lage ist.

LITERATURVERZEICHNIS

ABETZ, P.,	1960	Über den Wachstumsablauf Japanischer Lärchen und Fichten auf gleichem Standort. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 131. Jg., S. 241
ASSMANN, E.,	1961	Waldertragskunde, BLV Verlagsgesellschaft München-Bonn-Wien
BADOUX,	1931	Les essences forestières exotiques en Suisse. Mitt. Schweiz. Centralanst. Forstl. Versuchsw., Bd. XVII
BERNHART, A.,	1966	Über die statische und dynamische Kurzzeitfestigkeit von Fichtenholz - absolut, rohdichtebezogen und unter Druckholzeinfluß. Forstw. Cbl., 85. Jg., S. 257
BREUNINGER, W.,	1949	Die Dürreempfindlichkeit der Japanischen Lärche. Allg. Forstzeitschrift, S. 172
BURGER, H.,	1945	Holz, Blattmenge und Zuwachs. VII. Mitt. Die Lärche. Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchsw., XXIV. Bd., Heft 1
VON DEWITZ, B.,	unv.	Rohdichte und Struktureigenschaften der Japanischen Lärche, München
DINKELAKER, H. u. K. HAUSSER,	1967	Höhen-, Volumen- und Wertleistung von Douglasien-, Japaner Lärchen- und Fichten-Beständen auf gleichen Standorten. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 139. Jg., S. 25
GABER, E.,	1942	Untersuchungen an Lärchenholz aus deutschem und japanischem Samen. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 118. Jg., S. 255

GHELMEZIU, N.,	1938	Untersuchungen über die Schlagfestigkeit von Bauhölzern. Holz als Roh- u. Werkstoff, Heft 15, S. 585
JACCARD, P. u. FREY, A.,	1928	Einfluß von mechanischen Beanspruchungen auf die Mizellarstruktur, Verholzung und Lebensdauer der Zug- u. Druckholzelemente beim Dickenwachstum der Bäume. Jahrbuch für Wissenschaftliche Botanik, 68. Bd., Berlin
JANKA, G.,	1913	Untersuchung über die Elastizität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer, IV Lärche aus dem Wienerwalde, aus Schlesien, Nord- und Südtirol. Mitt. a. d. Forstl. Versuchsw. Österreichs. XXXVII. Heft, Wien
KLAUDITZ, W.,	1951	Über die mechanischen Eigenschaften und chemische Zusammensetzung des Stammholzes zweier Pappelhybriden. Holz als Roh- und Werkstoff, Heft 3, S. 81
KNIGGE, W.,	1958	Das Phänomen der Reaktionsholzbildung und seine Bedeutung für die Holzverwendung. Forstarchiv, S. 4
KOLLMANN, F.,	1951	Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 1. Bd., Berlin-Göttingen-Heidelberg-München
LEIBUNDGUT, H.,	1966	Die Waldpflege. Verlag Paul Haupt, Bern
LINDER, A.,	1951	Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner u. Ingenieure. 2. Aufl., Basel
LIPPEMEIER, P.,	1972	Untersuchungen über die Schnittholzqualität von Weißtannen im hinteren Bayerischen Wald. Dissertation, München

LÖFFLER, H., 1965 Kriterien der Bewertung von Nadelstammholz. Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Bd. 4, BLV München-Basel-Wien

1966 Eigenschaften und Verwertung mitteleuropäischer Douglasien. Eine Bilanz bisheriger Erfahrung und Forschung. Holz-Zentralblatt Nr. 56, S. 1047

1968 Einflüsse auf den Wert des Rohholzes. Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., Bd. 9, BLV München-Basel-Wien

LOW, A. J., 1964 Compression wood in conifers, a review of literature. For. Abstr., Bd. 25, Cambridge

MAISENBACHER, H., 1964 Douglasienholz - Ermittlung seines künftigen Wertes (IV): Die Auswirkung verschiedener Einschnittsmöglichkeiten auf die Ausnutzung und den Verkaufserlös am Beispiel der Douglasie. Holz-Zentralblatt Nr. 11, S. 163

MAYER-WEGELIN, H., 1936 Ästung. Verlag M. & H. Schaper, Hannover

MAYR, H., 1907 Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Bayern. Forstw. Cbl., S. 135

MIYAJIMA, H., 1958 The physical and mechanical properties of plantation-grown white pine, jack pine and japanese larch in the Tomakomai experiment forest of Hokkaido university. Research Bulletins of the college experiment forests. Hokkaido university, Vol. XIX, NO. 3, S. 99, Sapporo, Japan

MONNIN, M., 1919 Essais physiques, statiques et dynamiques des bois. Bull. Sect. Techn. L'Aueronaut. Paris

MONNIN, M.,	1932	L'essai des bois. Kongreßbuch Zürich. Int. Verb. Mat.-Prüf., Zürich
MÜLLER, G.,	1958	Untersuchungen über die Querschnittsformen der Baumschäfte. Forstw. Cbl., 77. Jg., S. 374
OLBERG, A.,	1951	Maximale Wertholzleistungsfähigkeit in gleichaltrigen reinen Beständen. Forstw. Cbl., S. 1
PANSHIN, A., DE ZEEUW, C. u. BROWN, H. P.,	1964	Textbook of wood technology. 2. Aufl., New York
VON PECHMANN, H.,	1951	Grundfragen der Wertholzerziehung. Sonderdruck des "Internationaler Holzmarkt", (Holzforschung Folge 1 vom 3. Februar 1951)
	1953	Untersuchungen über die Bruchschlagarbeit von Rotbuchenholz. Sonderdruck aus "Holz als Roh- u. Werkstoff", Bd. 11, S. 361
VON PECHMANN, H. u. O. SCHAILE,	1955	Untersuchungen über die Holzeigenschaften japanischer Lärchen von bayerischen Anbauorten. Sonderdruck aus Forstw. Cbl., 74. Jg., S. 65
VON PECHMANN, H.,	1969	Der Einfluß von Erbgut und Umwelt auf die Bildung von Reaktionsholz. Festschrift: Hans Leibundgut, Beiheft z. d. Zeitschriften d. Schweiz. Forstvereins Nr. 46, S. 159
	1970	Schnittholzqualität und Furniereignung von Douglasien aus linksrheinischen Anbaugebieten. Forstw. Cbl., 89. Jg., S. 210
PILLOW, M. Y., u. R. F. LUXFORD,	1937	Structure, occurrence and properties of compression wood. United States Department of Agriculture. Technical Bulletin No. 546

PILLOW, M. Y.,	1941	A new method of detecting compression wood. J. of For., 39, S. 385
PLOCHMANN, R.,	1961	Ökologische und waldbauliche Beobachtungen und Untersuchungen an Larix leptolepis Gord. in ihrer Heimat. Forstw. Cbl., 80. Jg., S. 129
REIN,	1935	zitiert nach Schimper-v.Faber, Pflanzengeographie. Verlag Fischer, Jena, 3. Aufl. II.
REULEAUX,	1861	zitiert nach Kollmann (1951)
SCHENCK, C. A.,	1939	Fremdländische Wald- und Parkbäume. Berlin Bd. II. (S. 324 Jap. Lärche)
SCHMUCKER, T.,	1942	Die Baumarten der nördlich gemäßigten Zone und ihre Verbreitung. Silvae orbis, Centre International de Sylviculture, Berlin
SCHOBER, R.,	1949	Die Lärche. Eine ertragskundlich-biologische Untersuchung. Verlag M. & H. Schaper, Hannover
	1953	Die Japanische Lärche. Eine biologisch-ertragskundliche Untersuchung. J. D. Sauerländer`s Verlag, Frankfurt a. M.
SCHÖNBACH,	1938	Vergleichende Untersuchungen über die technischen Eigenschaften des Lärchenholzes bodenständiger und nichtbodenständiger Herkünfte. Thar. Forstl. Jb., Bd. 89, Heft 8/9, S. 529
TAFFE, W.,	1954	Gütebewertung des Fichten-Holzes verschiedener Standorte und Ertragsklassen in Rheinland-Pfalz. Dissertation, Hann.-Münden
TRENDELENBURG, R.,	1932	Über die Eigenschaften des Rot- oder Druckholzes der Nadelhölzer. Sonderabdruck aus Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 108. Jg.

TRENDELENBURG, R., 1934 Untersuchungen über das Raumgewicht der Nadelhölzer. 1. Grundlagen und vergleichende Auswertung bisheriger Forschungen. Sonderabdruck aus dem Thar. Forstl. Jb., Berlin

1937 Wuchs- und Holzuntersuchungen an Japanischer Lärche (Larix leptolepis). Forstl. Wochenschrift Silva, 25. Jg., Nr. 52/53

TRENDELENBURG, R. u. MAYER-WEGELIN, H., 1955 Das Holz als Rohstoff, Carl Hanser Verlag München

VOLKERT, E., 1941 Untersuchungen über Größe und Verteilung des Raumgewichts in Nadelholzstämmen. J. D. Sauerländer`s Verlag, Frankfurt a. M.

WANDT, 1937 Die Eigenschaften "stamm- und kronenbürtigen" Holzes. Mitt. aus Forstwirtschaft und -wissenschaft. 8. Jg., S. 343

ZIMMERLE, H., 1949 Japaner oder Europäer Lärche? Allg. Forstzeitschrift, S. 301

Forsteinrichtungswerke der Forstämter der Untersuchungsbestände